

学位論文及び審査結果の要旨

横浜国立大学

氏名 LE QUANG TRUNG
学位の種類 博士(工学)
学位記番号 環情博甲第546号
学位授与年月日 令和6年3月25日
学位授与の根拠 学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第4条第1項及び
横浜国立大学学位規則第5条第1項
学府・専攻名 環境情報学府 人工環境専攻
学位論文題目 Development of Eddy Current Probes Based on Various Core
Shapes and Materials 様々なコア形状と材料に基づく渦電流プローブの開発
論文審査委員 主査 横浜国立大学 准教授 笠井 尚哉
横浜国立大学 教授 澁谷 忠弘
横浜国立大学 准教授 小林 剛
横浜国立大学 准教授 熊崎 美枝子
横浜国立大学 教授 岡崎 慎司

論文及び審査結果の要旨

本博士論文は、社会・産業インフラの安全確保に不可欠な非破壊検査技術の一つである渦電流探傷試験の高度化をコイルの形状、及びコアの材質と形状に着目し検討したものである。博士論文は6つの章で構成されている。

第1章では、背景、非破壊検査における渦電流探傷試験の概要と関連研究の文献調査を解説するとともに、博士論文の目的と論文の全体構成について述べている。

第2章では、従来の高い透磁率、不導体のフェライトコアではなく、高い電気伝導率と非磁性特性を持つ銅をコアとして、先端が円錐状の銅コアに水平および垂直にスリットを施し、銅製コア内に生じる渦電流の流れを円錐の先端に集束させ、試験体表面の極く小さな領域に強い渦電流を作り出した。また、この状態を用いた渦電流集束プローブを提案し、このプローブが高いき裂検出精度を有することを有限要素シミュレーションと実験により明らかにした。さらに、この渦電流集束プローブの信号対雑音比(S/N)を向上させるため、2つのアプローチが導入された。1つ目のアプローチが2つの検出コイルを使用した差動信号が取得され、2つ目のアプローチが一方方向の集束した渦電流が生じるように特別に設計した1組の銅コアを用いた。この構成では、単一の検出コイルにおいて、自己差動および自己ヌル特性を有する出力信号が得られ、S/N比に優れた渦電流集束プローブとなることを有限要素シミュレーションと実験により明らかにした。

第2章で開発された渦電流集束プローブは、作り出す渦電流と平行の軸方向を持つき裂に対して著しく検出性能が減少するという短所があった。そのため、第3章では、90°位相が異なる励磁電流を2組の励磁コイルにそれぞれ流し、これらを用いて銅コアの先端で収束する渦電流を回転させた渦電流集束プローブについて示された。この渦電流集束回転プローブは、自己ヌル特性を有しつつ、小さい領域に渦電流を集束させることが可能であり、あらゆる方向の小さなき裂を検出可能であることを有限要素シミュレーションと実験により明らかにした。

第4章では、全ての方向のき裂検出のために、4つの長方形コイルとフェライトコアで構築された回転渦電流プローブを有限要素シミュレーションと実験により示した。さらに、ノイズを低減しき裂検出精度を高める多変量特異スペクトル解析を適用した。この多変量特異スペクトル解析を適用した結果とウェーブレット解析を適用した結果とを比較、考察し、多変量特異スペクトル解析の優れたノイズ低減機能を明らかにした。さらに、励起コイルと検出コイルを交互に配置したフィルム渦電流プローブも提案した。このフィルムコイルは巻き数が少ないので、コイル周辺の磁気回路を向上させ検出コイルに鎖交する磁束密度を増幅する、鉄系アモルファス合金の粒子をプローブ上

方に配置した。これによるき裂信号増幅効果を有限要素シミュレーションと実験により明らかにした。

第5章では、渦電流プローブのコイルの構成に着目し、試験材料の表面にパンケーキ状またはタンジェンシャル状に配置された3種類の渦電流プローブの構成を有限要素シミュレーションと実験により解析し、各プローブ構成における渦電流の生成効率、効率的な検出コイルの位置、及びき裂検出能力を明らかにした。

第6章では、第1章から第5章までの内容を総括して、本研究で得られた知見を示し、本研究の有効性と実用性について論じている。

以上、本論文の内容は非破壊検査技術の渦電流探傷試験技術の高度化に貢献するとともに、社会・産業インフラの安全管理技術の向上にも資するものであり、博士（工学）の学位論文として十分価値があるものと認められる。

注 論文及び審査結果の要旨欄に不足が生じる場合には、同欄の様式に準じ裏面又は別紙によること。