

磁気と電流の相互補完による広適用範囲・高感度非破壊検査法と傷の定量的評価法の実現

Examination of wide applicability and high sensitivity non-destructive testing using mutual complement of magnetism and current and quantitative evaluation of crack shape

福岡 克弘（FUKUOKA Katsuhiko）

1. はじめに

機械部品や各種構造物は、立体的で複雑な形状をしていることが一般的であり、その非破壊検査は難しい。一方、複雑形状部では応力集中により傷の発生率が高く、危険な因子を抱えた箇所を十分な精度で探傷できない可能性があり、現状の非破壊検査において早急に解決すべき課題である。一方近年では、破壊力学に基づいた構造設計手法が確立され、完全に無傷の状態が要求されるのではなく、構造強度に影響のない大きさの傷については許容する設計（損傷許容設計）が行われるようになった。そのため、非破壊検査においては高感度で傷を検出できることに加えて、検出された傷が破壊に与える影響の程度を判定するため、探傷結果に基づき傷形状を正確に定量的評価する技術の確立も、重要な課題の一つになっている。

以上の背景から、「1.探傷困難箇所（複雑形状部）および新素材における探傷精度の検証と向上」、「2.探傷結果からの傷形状の定量的評価」の2点の課題解決を研究目的とした。この2点の課題を、図1に示す「磁粉および渦電流探傷試験の実施」→「数値解析による探傷条件の検証と品質保証」→「問題点の対策検討」のサイクルを繰り返すことによる解決を検討した。傷は材料中での存在箇所により、内部傷と表面傷に大別される。とりわけ表面傷は発生頻度が高く、その危険度も内部傷に比べて高いため、微小な傷の段階で見える高感度な探傷が求められる。そこで本研究では、表面傷の探傷を対象とし、試験体を磁化した際に傷から漏洩する磁束（磁気）を利用する磁粉探傷試験と、試験体に交流磁界を印加して傷の周囲に形成する渦電流（電流）を利用する渦電流探傷試

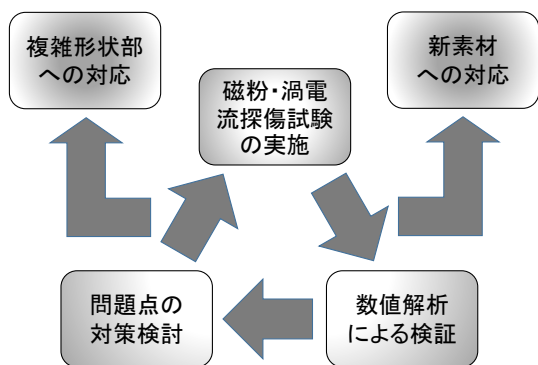


図1 研究実施のサイクル

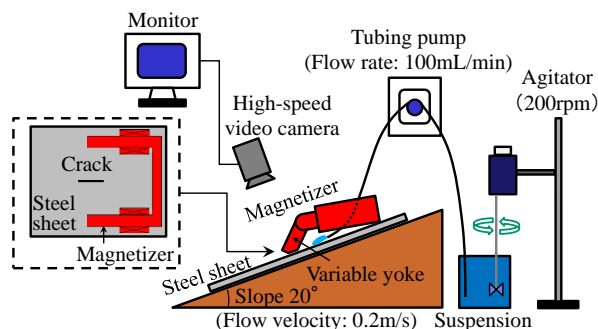
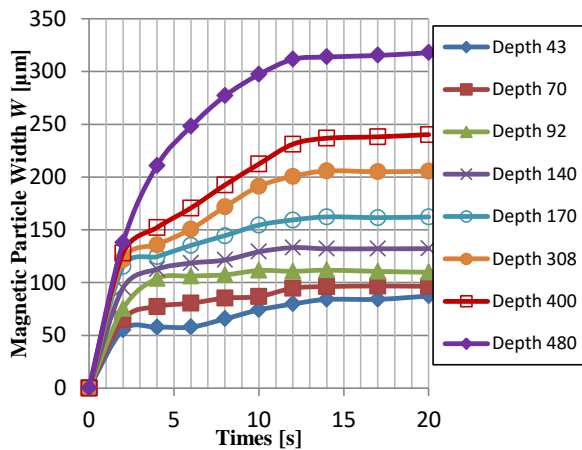
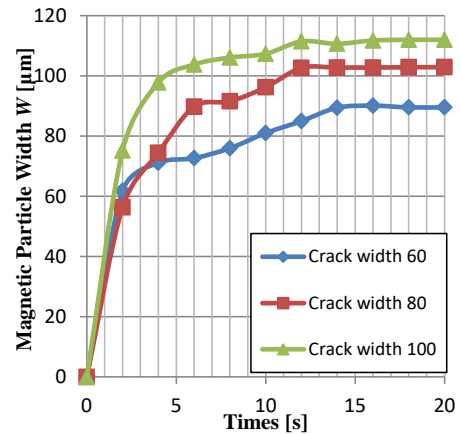


図2 実験システム



(a) 傷深さをパラメータ



(b) 傷幅をパラメータ

図 3 磁粉付着過程における磁粉幅の時間変化

験に着目し、両探傷法の相互補完による高感度電磁非破壊検査手法の確立を目指した。本研究の探傷にて採用する磁気と電流は互いに直交して分布するため、この 2 種類の探傷法を組み合わせた電磁非破壊検査システムを確立することで、立体複雑形状部においても傷の方向や形状に左右されない高感度な探傷システムの実現が期待される。さらに、探傷結果から傷形状（長さ、幅、深さ）を正確に定量的評価する手法を検討した。本年度においては、実験システムの構築に主眼を置き研究を実施した。本報告では、磁粉探傷試験による傷の定量的評価手法の開発に関する研究成果の一部について報告する。

2. 実験方法および結果

傷の形状と付着磁粉量の関係を明らかにするため、高速度ビデオカメラを用いた傷への磁粉付着過程の動画像計測を行った。図 2 に実験システムを示す。傷に付着する磁粉を上面と側面からそれぞれ観察し、磁粉の幅と高さを計測することで、付着磁粉量を評価した。付着磁粉高さの測定については、側面観察用レンズアダプタを作製し、高速度カメラに設置することで、側面観察により磁粉高さの測定を可能とした。傷深さおよび傷幅をそれぞれ変化させた試験体を用意し、傷に付着する磁粉量から傷形状（深さおよび幅）を定量的に評価する手法を検討した。

20 秒間の磁粉付着過程の動画像計測を行い、各時点における磁粉幅および磁粉高さを評価した。ここでは、磁粉幅の測定結果の一例を図 3 に示す。図 3(a)はき裂幅が $100\ \mu\text{m}$ 一定、図 3(b)はき裂深さが $100\ \mu\text{m}$ 一定とした結果である。磁粉適用直後では磁粉幅の増加量が大きいが、時間が経つと変化量が少なくなることが確認できる。また、き裂が深いもしくは幅が広いほど磁粉幅は急峻に増加し、最終的にき裂に付着する磁粉幅も広くなることが判る。

2021 年度の研究においては、実験システムの構築と、磁粉探傷試験での付着磁粉幅および磁粉高さの詳細な測定を中心に実施した。これらの測定結果より、被試験体の傷形状を推定することを検討していく。また、渦電流探傷試験による高感度探傷および傷形状の定量評価も、今後の研究課題として進めていく予定である。