

## 電流と磁気の相互補完による電磁非破壊検査法の適用範囲拡大と信頼性向上の検討

Expansion of Application Range and Improvement of Reliability in Electromagnetic Non-Destructive Testing using Mutual Complementation of Current and Magnetic Field

福岡 克弘 (FUKUOKA Katsuhiko)

### 1. はじめに

航空機、自動車、鉄道などの交通機械、プラントや橋梁などの構造物を安心・安全に運用するには、被検査対象に適合した非破壊検査の適切な実施が必須である。一方、これらの被検査対象においては、複雑な形状部が存在するのが一般的である。そのため、危険因子を抱えた複雑形状部（探傷困難箇所）を十分な精度で検査し、健全性を保証することは非常に重要である。

本研究では、危険度の高い表面傷の探傷に着目し、試験体を磁化して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試みる。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ことを検討する。本報告では、渦電流探傷試験による鉄鋼材の非破壊検査における効率化手法と高感度化に関する研究について報告する。

### 2. 実験方法および結果

鉄鋼材に渦電流探傷試験（Eddy current testing : ECT）を適用した場合、鋼材中に分布する透磁率のばらつきに起因する磁気ノイズにより、探傷信号の  $S/N$  比が低下し、微小な傷を検出できない問題点がある。そのため、試験体を磁気飽和するまで磁化することにより、磁気ノイズを低減させる磁気飽和 ECT が用いられる。一般的には磁気飽和 ECT の磁化には直流磁化が用いられるが、交流磁化を用いた場合、ECT の検査領域である材料表面において試験体の板厚に影響されない磁化が可能となることや、探傷後の脱磁処理が不要となるなどのメリットが考えられる。ここで、交流磁化は商用周波数（60Hz）、ECT は数十 kHz の高周波数であるため、試験体の各測定点において同じ磁化強度で探傷するためには、磁化と ECT の同期を取る必要がある。本研究では、交流磁化と ECT との同期条件の違いによる探傷結果を評価した。

図 1 に探傷システムを示す。ECT プロブは一樣渦電流プロブを適用した。冷間圧延鋼板 SPCC (300×400×1mm) の表面に、放電加工により傷を加工した。傷の形状は、傷の幅を 100 $\mu$ m、傷の長さを 6mm 一定とし、深さを 480, 400, 308, 213, 70, 43 $\mu$ m と変えたものを作製した。試験によって得られる検出信号は渦電流探傷装置（アスワン電子 : Multi-2000）によって測定し、コンピュータにデータを収集した。磁気飽和 ECT に

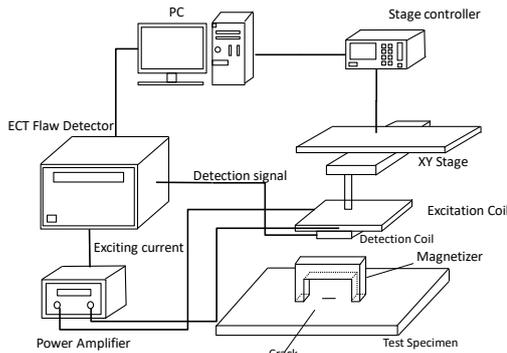


図 1 探傷システム

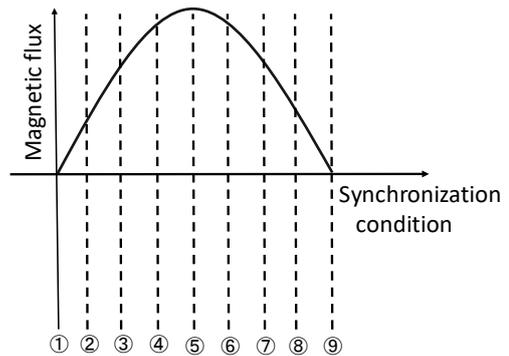


図 2 磁化と探傷の同期条件

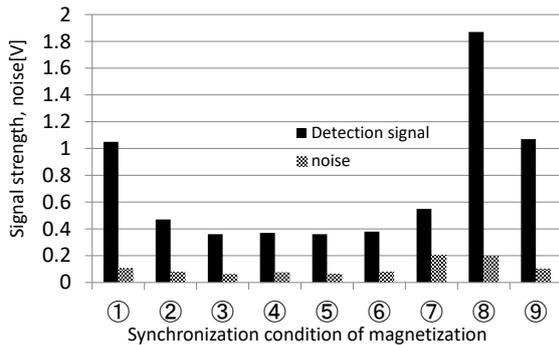


図 3 探傷信号とノイズ

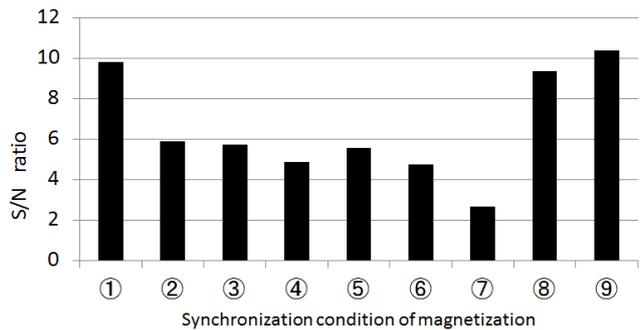


図 4  $S/N$  比

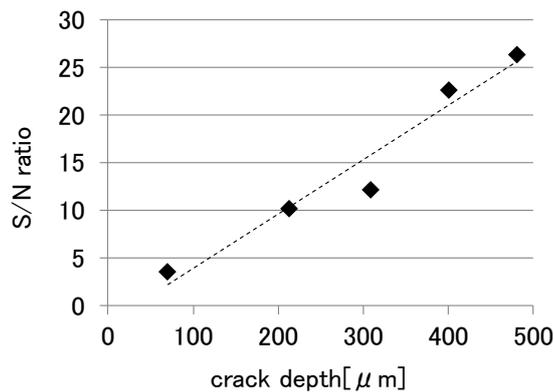


図 5 傷深さと  $S/N$  比の関係 (同期条件⑨)

において試験体を磁化するのは、ヨーク型磁化器（電子磁気工業：Um-5BF）を用い、磁化の方向は傷の長手方向に対して平行方向とした。磁化の励磁電流は  $3.18A_{0\text{-peak}}$  とした。ECT における探傷周波数は  $50kHz$  とした。

交流磁化において、磁化器から発生する交流磁束を磁化器ヨークに巻いたサーチコイルにより測定し、その波形を図 2 に示す。磁気飽和のための磁化と ECT との同期を取る箇所を①～⑨の様に変更し、各同期条件における探傷結果を評価した。図 3 に同期条件の違いによる探傷信号とノイズ、図 4 に  $S/N$  比の関係を示す。同期条件の違いによって探傷信号、ノイズおよび  $S/N$  比が異なることが判る。図 4 より、同期条件⑨において探傷信号の  $S/N$  比が最大となることが確認された。そこで、同期条件⑨における本探傷システムの感度について検証した。図 5 に各傷深さと  $S/N$  比の関係を示す。交流磁化を用いた ECT において最適な同期条件で試験することにより、深さ  $70\mu m$  の極微小な傷を  $S/N$  比 3.6 で探傷可能であり、十分高感度なことが確認された。