磁性配管減肉モニタリングのための
低周波漏洩磁束探傷法の開発

Development of low frequency magnetic flux leakage testing method aimed at monitoring a wall thinning appearing in a magnetic pipe

東北大学	田島　直樹	Naoki TAJIMA	学生非会員
東北大学	遊佐　訓孝	Noritaka YUSA	正会員
東北大学	橋爪　秀利	Hidetoshi Hashizume	正会員

This study develops a low frequency magnetic flux leakage testing method for monitoring a wall thinning appearing on the inner surface of a magnetic pipe. We conducted the numerical simulations to evaluate how the presence of wall thinning perturbates electromagnetic fields induced by an encircling coil. The result of the simulations shows measuring the axial component of magnetic flux density enables to detect and evaluate wall thinning.

Keywords: non-destructive testing, magnetic flux leakage, pipe wall thinning, low frequency

１．緒言

配管の減肉管理はプラントの健全性維持に重要な役割を担っているが、特に配管外表面に防護材が存在する場合などは、従来の超音波肉厚計を用いた定期点検による減肉管理は経済的に好ましいことではない。そこで、より効率的な技術として、配管外表面にセンサを取り付けることでの減肉のモニタリング技術が期待されている。

先行研究[1][2]において、被検査配管外壁面に励磁コイルと検出センサからなるプローブを常設することによる配管減肉モニタリング技術の基礎的検討として磁性鋼平板を用いた各種検討が行われ、数十 Hz 以下の交流磁場を用い、かつ励磁コイルから離れた場所での磁場を測定することで、プローブ設置面の逆側に生じた模擬減肉の検出可能性が確認された。しかしながら、これまでの検討は平板を対象としたものにとどまっており、実際の検査対象となる配管を対象とした検討は行われていなかった。

以上の背景より、本研究では低周波の磁場を用いた検査手法の配管減肉モニタリングへの実機適用性評価のために、磁性配管の内壁面に生じた減肉の検出および評価手法について数値解析により検討した。

連絡先:田島直樹、〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-01-2、東北大学大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻
E-mail:ntaji@karma.qse.tohoku.ac.jp

２．減肉信号の数値解析

2.1 解析体系

磁性配管の外壁面に設置された励磁コイルが誘導する電磁場が、配管内壁面の減肉により変動する様相を解析するための数値解析を実施した。Fig. 1 に解析体系を示す。被検査対象は長さ 1000 mm, 外形 100 mm, 肉厚 10 mm, 比透磁率 100, 導電率 5.2 MS/m の炭素鋼配管とし、減肉は長さ w (mm), 深さ d (mm)の矩形断面を有する全周減肉とした。励磁コイルは配管外周に沿って設置された、1 辺 10 mm の正方形断面を有するリング形状であり、励磁コイルと減肉の距離を Z_{flaw} (mm) とした。励磁周波数は f = 1 ~ 220 Hz の範囲で設定し、起磁力は 86 AT とした。解析領域の全体は 1 辺 2000 mm の空気領域とした。解析には商用の有限要素法ソフトウェアである COMSOL Multiphysics 5.2 およびその AC/DC モジュールを使用した。

以下の議論では、Fig. 1 における r = 101 mm, 0 ≦ z ≦ 500 mm の領域における、磁束密度の管軸方向成分 B_r の強度に基づき、励磁コイルと減肉間の距離 Z_{flaw} が減肉の検

出性に及ぼす影響および減肉深さのサイジング手法に関して検討を行った。

2.2 解析結果

励磁コイルと減肉間の距離Z_{flaw}が減肉の検出性に及ぼす影響を評価した結果を Fig. 2 に示す。減肉形状は、$w = 10$ mm, $d = 9$ mm とし、励磁周波数は 1 Hz とした。Fig. 2 より、減肉が励磁コイルの直下に存在する場合を除いては、明瞭な減肉信号が確認された。したがって、対象が配管であっても適切なプローブ配置によって減肉の検出が可能であることが明らかとなった。

減肉深さの評価手法開発のために、励磁周波数と減肉信号の強度の関係について評価した結果を Fig. 3 に示す。縦軸は、減肉がある場合の磁場分布を、減肉がない場合に同じ位置で得られる磁場分布で規格化した際の最大値を示している。減肉は、$w = 10$ mm, $d = 5 \sim 9$ mm とし、$Z_{flaw} = 100$ mm に配置した。減肉信号の周波数特性が減肉深さ応じて異なっていることから、複数の励磁周波数を用いることによる減肉深さの評価が可能であることを示唆する結果が得られた。詳細は講演にて述べる予定である。

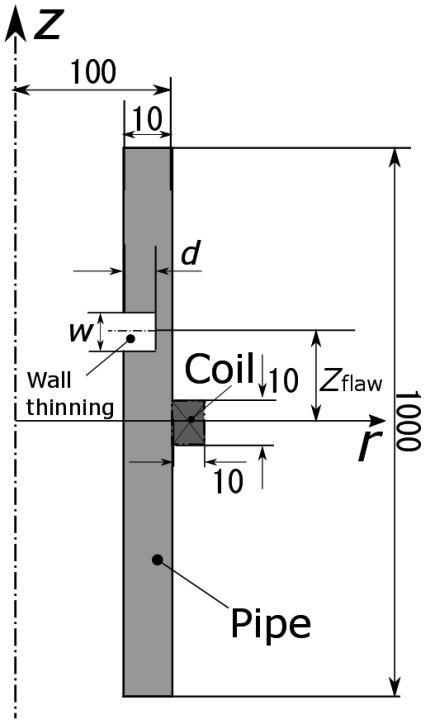

Fig. 1 The geometry of the numerical simulation model

not to scale unit mm

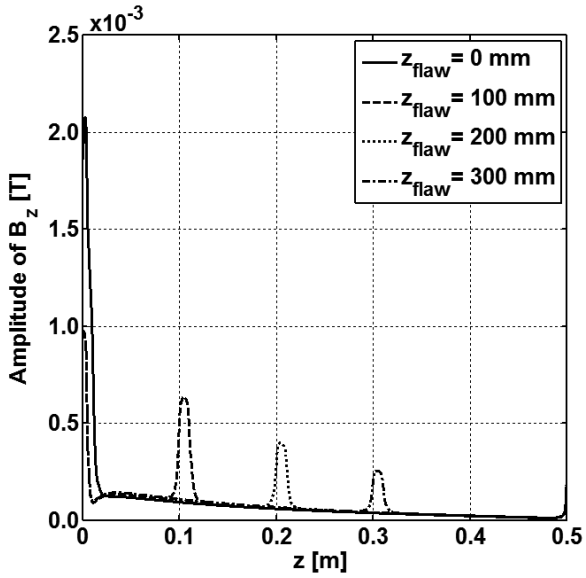

Fig. 2 The magnetic field distribution ith all thinning situated on different positons

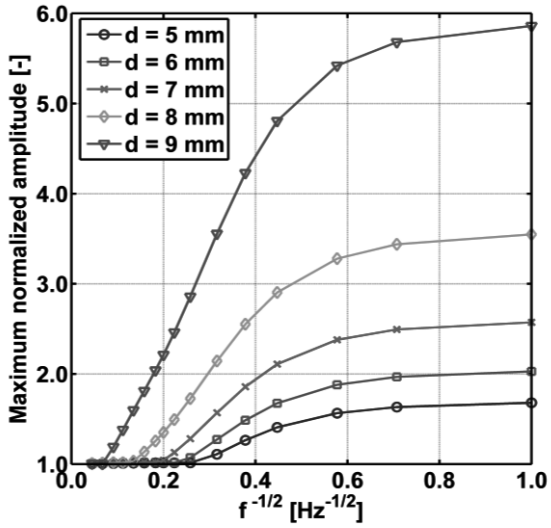

Fig. 3 The fre uency characteristic of signals due to all thinning

参考文献

[1] N. Tajima, K. Sasaki, N. Yusa, H. Hashizume, T. Uchimoto, T. Takagi, and K. Tanji, “Low frequency magnetic field measurement to monitor pipe wall thinning using MI sensor arrays”, The 20th International Workshop on Electromagnetic Nondestructive Evaluation, (2015)

[2] J. Wang, N. Yusa, H. Pan, T. Takagi and H. Hashizume: Evaluation of Sensitivity of Remote Field Eddy Current Testing and Low Frequency Eddy Current Testing for Inspecting Grooves of Metal Plate, Materials Transactions, 54, pp. 90-95 (2013).