

交流励磁による磁束漏洩法を用いた配管減肉評価の基礎検討

Evaluation of wall thinning by MFL method using ac excitation

岩手大学工学部 菊池 弘昭
岩手大学工学部 佐藤 界斗
岩手大学工学部 清水 勇

Hiroaki KIKUCHI
Kaito SATO
Isamu SHIMIZU
Member
Non-member
Non-member

Abstract

This paper investigated a feasibility of magnetic flux leakage (MFL) method using ac excitation for a nondestructive evaluation of wall thinning in nuclear power plants. Usually, MFL method uses dc field for exciting specimens, and only intensity of magnetic flux density is evaluated. Contrary, when alternating current is used for magnetizing specimens, not only amplitude of magnetic flux density but also phase difference is available. Therefore an evaluation with higher accuracy is expected. Here, specimens with slit are prepared and magnetized using magnetic yoke with ac field, and then the leakage magnetic flux density and the phase difference on the specimen surface are investigated while changing frequency of ac filed.

Keywords: wall thinning, magnetic flux leakage (MFL), ac excitation

1. 緒言

東日本大震災による伴う福島第一原発事故の影響により、反原発・脱原発の声が多く挙がっており、現状では全原発が運転停止の状態に陥っている。しかし、夏季の電力供給不足が懸念されており、電力安定供給や地球温暖化問題を考慮した場合、全原発の運転停止を継続し、即時の全原発廃止に繋げることは現実的には困難と考える。一方、新規炉の建設については当面非現実的であり、現在稼動可能な炉を継続使用することになる。よって、高経年化した発電プラントの健全性評価についてはこれまで以上に確実性が要求されることとなる。発電プラントの高経年化問題のひとつに配管減肉があり、その評価手法として磁束漏洩法(MFL)の適用性について我々は検討してきた[1, 2]。MFL は磁気ヨーク等の磁化器に磁界センサを固定したプローブを走査して減肉を評価することが一般的である[3]。その場合、励磁に交流を用いると、位相情報など直流利用時よりも多くの評価パラメータを用いることができ、評価の高度化が期待される。そこで、本研究では交流励磁による MFL 手法の基礎的な検討を行ったので報告する。

連絡先: 菊池弘昭, 〒020-8551 盛岡市上田 4-3-5,
岩手大学, 電話 : 019-621-6890, E-mail:
hkiku@iwate-u.ac.jp

2. 実験方法

2.1 磁気ヨーク及び試料

Fig. 1 に本研究で用いた磁気ヨークの形状・寸法および測定系を示す。磁気ヨークの材質はケイ素鋼板で、励磁コイルの巻数は 150 ターンとした。磁気ヨークの中央部には 2 軸のホールセンサを固定し、試料の励磁方向と平行及び試料表面に垂直方向の磁界を計測する。測定試料は $200 \times 200 \text{ mm}^2$ の SS400 鋼の板材で厚みは 5 mm とした。その中央に減肉を模擬したスリットを設けた。スリットの幅は 5 mm、スリットの深さは 1, 2 mm とした。

2.2 測定方法

ホール素子を伴った磁気ヨークは試料上に固定し、交流電圧を磁気ヨークに巻かれた励磁コイルに印加す

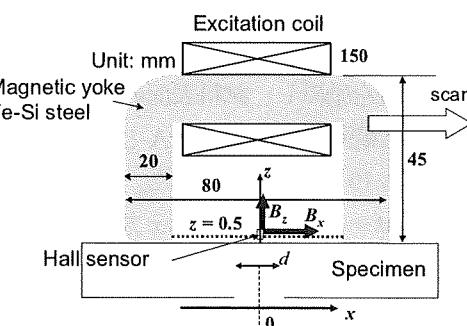


Fig.1 Dimension of magnetic yoke and measurement setup.

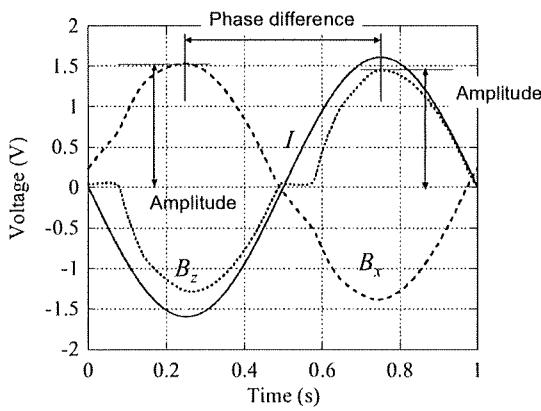


Fig.2 Distribution of magnetic flux density for specimen without slit.

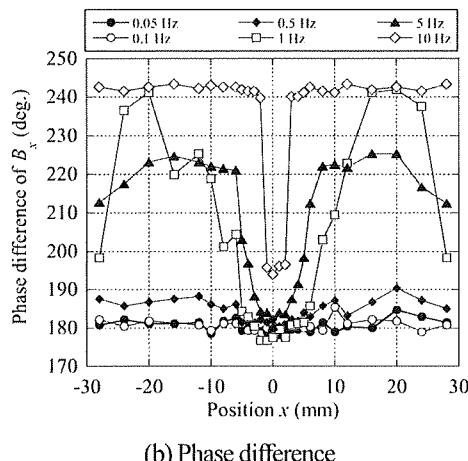
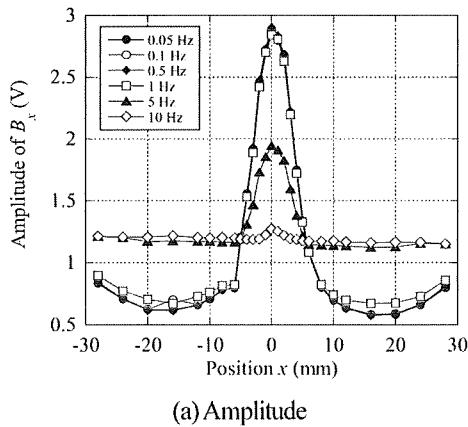


Fig.3 Distribution of amplitude and phase difference of B_x for specimen with slit of 5 mm width, 2 mm depth.

ることで試料を励磁し、試料表面の磁界分布を計測する。印加する電流の振幅は、1.6 A とし、励磁周波数は 0.05 Hz から 10 Hz と変化させた。試料のスリット中央を $x=0$ 、ヨークの移動方向を x 方向とし、試料表面と垂直方向を z 方向とした。磁界は x 方向成分 B_x および z 方向成分 B_z を計測した。評価では、Fig. 2 に示すようにホールセンサで得られた信号の振幅及び励磁波形と信号波形のピーク値間の位相差を用いた。

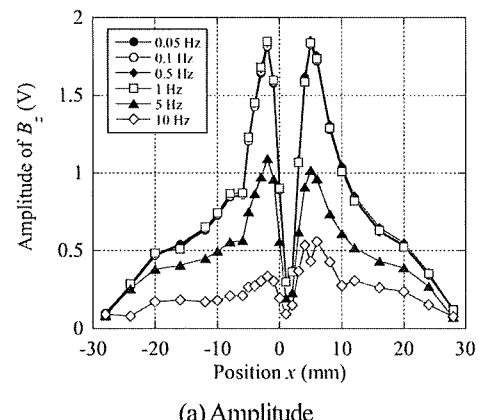


Fig.4 Distribution of amplitude and phase difference of B_z for specimen with slit of 5 mm width, 2 mm depth.

3. 実験結果

Fig. 3 は幅 5 mm、深さ 2 mm のスリットを有する試料に対して磁界の水平成分 B_x の振幅及び位相差の位置分布を測定した結果を示している。励磁周波数は 0.05 Hz から 10 Hz まで変化させている。振幅においてはスリット中央、すなわち、 $x=0$ において強度がピーク値を取り、励磁周波数が増加するにつれてそのピーク値の減少が確認された。また、スリットの端部において磁界強度の減少がみられた。一方、位相成分については、0.05 Hz から 0.5 Hz の低周波では変化はみられないが、1 Hz 以上の高周波においてはスリットを有する付近で大きな変化が確認された。また、周波数が増加するにつれて、その変化領域は狭くシャープな形状に変化していることがわかる。

Fig. 4 は、幅 5 mm、深さ 2 mm のスリットを有する試料に対して磁界の垂直成分 B_z の振幅及び位相の位置分布を測定した結果を示している。振幅においてはいずれの周波数でも 2 つのピークが確認されており、これらの位置はスリット端部に対応している。また、水平成分のときと同様に、周波数の増加に伴って、ビ

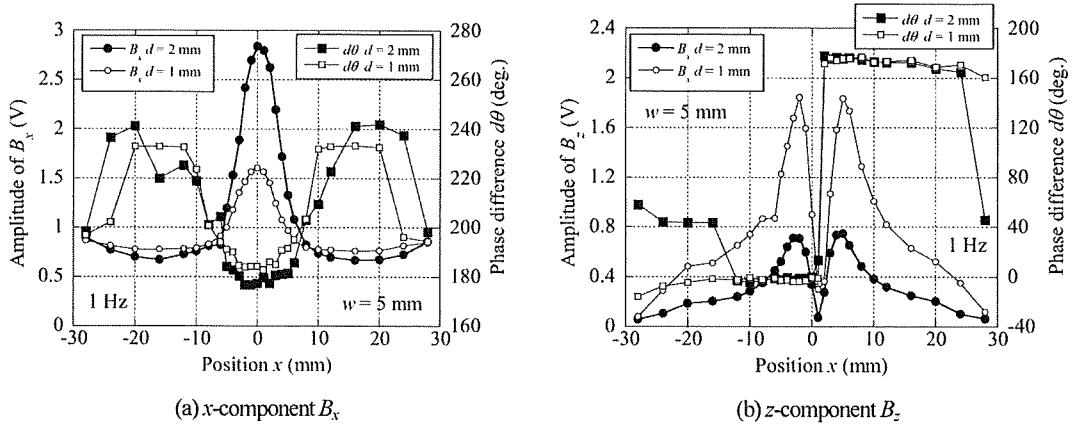


Fig. 5 Distributions of amplitude and phase difference of magnetic flux density for specimen with slit of 5 mm width.
($f = 1$ Hz)

一値の減少がみられる。一方、位相差に関してはいずれの周波数でも変化は確認できなかった。

Fig. 5 は励磁周波数を 1 Hz として、幅 5 mm のスリットを有する試料に対して計測を行った結果を示したものである。スリットの深さは $d=1, 2$ mm とした。水平成分 B_x については、 $x=0$ におけるピーク強度が、スリット深さが浅くなると減少する結果を示している。位相差についても位相差の最大値の低下、最大値をとる位置の間隔が広がるという結果が得られており、スリット深さの違いが検出できている。一方、垂直成分 B_z については、位相差はスリット深さによる違いを検出できていないが振幅においては、スリット端部における強度がスリット深さに依存していることが明らかである。

以上の結果から、交流励磁により振幅変化、位相情報と直流励磁時よりも多くのパラメータ利用が可能であり、それぞれのパラメータが減肉の位置、寸法に応じて変化することを確認できた。このことはより高度な非破壊評価技術の開発繋がるものと期待される。

謝辞

本研究の一部は経済産業省原子力安全・保安院の「平成 23 年度高経年化技術評価高度化事業」によるものである。

参考文献

- [1] H. Kikuchi, Y. Kurisawa, Y. Kamada, S. Kobayashi, K. Ara, "Feasibility Study of Magnetic Flux Leakage Method for Condition Monitoring of Wall Thinning on Tube", International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, Vol. 33, 2010, pp. 1087- 1094.
- [2] H. Kikuchi, K. Sato, I. Shimizu, Y. Kamada and S. Kobayashi, "Feasibility Study of Application of MFL to Monitoring of Wall Thinning under Reinforcing Plates in Nuclear Power Plants", IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 47, 2011, pp. 3963-3966.
- [3] Y. Zhang, G. Yan, "Detection of Gas Pipe Wall Thickness Based on Electromagnetic Flux Leakage", Russian Journal of Nondestructive Testing, Vol. 43, 2007, pp. 123-132.

(平成 24 年 6 月 21 日)