

ガイド波及び電磁超音波法による配管減肉測定法の開発

背景

火力・原子力発電所の配管において、超音波厚さ測定法による減肉検査が実施されている。この測定法により減肉の有無や軸および周方向の減肉範囲を把握するためには、複数箇所に超音波探触子を接触させなければならない。また、測定部位に接触媒体を塗布する必要があり、検査工事には多くの労力と時間を要しているのが現状である。これに対して当所は、ガイド波の広域測定による減肉の位置測定と接触媒体が不要な電磁超音波探触子(EMAT)による正確な減肉率測定を組み合わせることにより、減肉検査の効率化を図ることができると考えている。しかしながら、ガイド波は厚さ 3mm 以上の構造物に適用しがたく、また、EMAT の SN 比は低いという問題点がある。

目的

上記問題点を解決し、(1)ガイド波^{注1)}を用いた減肉の位置測定手法、と(2)電磁超音波法^{注2)}による減肉率の測定手法を組み合わせた精度の高い減肉測定手法を開発する。

主な成果

1. ガイド波を用いた減肉の位置測定手法

- (1) 局所的な減肉を有する厚さ 10mm の試験体を対象に、超音波伝搬有限要素シミュレーションを行った。その結果、減肉箇所に入射したガイド波は一部反射し(図 1)、反射したガイド波の強度は減肉率に応じて変化することが明らかになった。
- (2) シミュレーションに基づき設計・製作した低周波探触子を用いて、局所的な減肉を模擬した厚さ 10mm、1m 角のステンレス鋼平板試験体におけるガイド波の送受信の実験を行った。その結果、ガイド波の反射波の伝搬時間から、探触子から 600mm 離れた欠陥の位置を最大誤差 12mm 以下で高精度に測定できた(図 2)。また、減肉率によるエコー強さは深さに応じて変化した(図 3)。

2. EMAT による減肉率の測定手法

電磁超音波法による肉厚測定を行うための高感度探触子を開発した。EMAT およびケーブルを電磁シールドしてノイズ対策を施すことにより SN 比を 0.8 から 7.2 へと大幅に改善できた(図 4)。接触媒体を必要としない EMAT を用いて、従来の圧電型超音波探触子による厚さ測定法と同等の精度(最大誤差 0.18mm)で試験体の厚さを測定できることを確認した(図 5)。

3. 実機配管における減肉測定

実機配管にガイド波法を適用して遠隔から減肉位置を特定し、EMAT を用いてその部位の減肉率を測定することにより、従来の超音波による減肉測定法に比べ、効率の向上及びコストの削減が期待できる。

今後の展開

探触子構造および測定条件の最適化を進め、実機配管に適用する。

主 担 当 者 材料科学研究所 構造材料評価領域 特別契約研究員 林 山

関連報告書 「先進的な超音波方法を用いた配管の減肉測定法の開発」 電力中央研究所報告： Q05006 (2006 年 3 月)

*1: 全体を振動させて伝搬する振動モードであり、優れた長距離伝搬特性を有する。

*2: 試験体に渦電流を誘導し、外部から直流磁界を与えることにより電磁力を発生させ、超音波を励起する方法。

1. 軽水炉発電

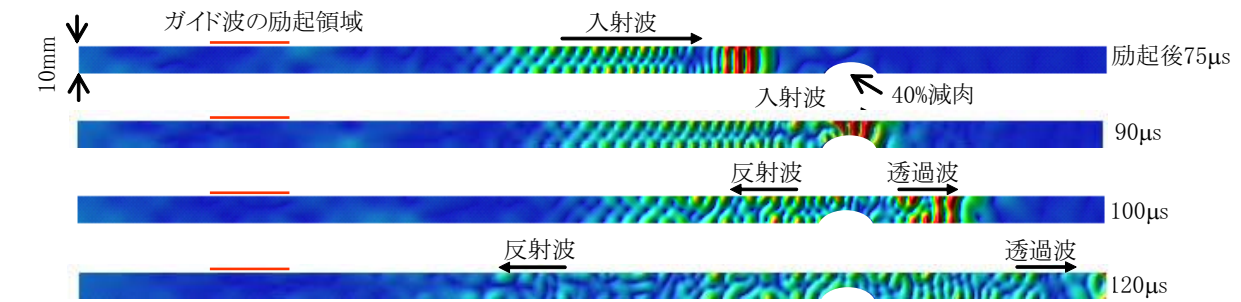


図1 ガイド波の伝搬挙動(数値解析結果)

ガイド波の励起領域に与えた力により、励起される入射波は減肉箇所では反射が起こる。一部分の入射波のエネルギーが透過波となり、減肉を通過する。減肉の情報を含めた反射波は励起領域に戻っていく。

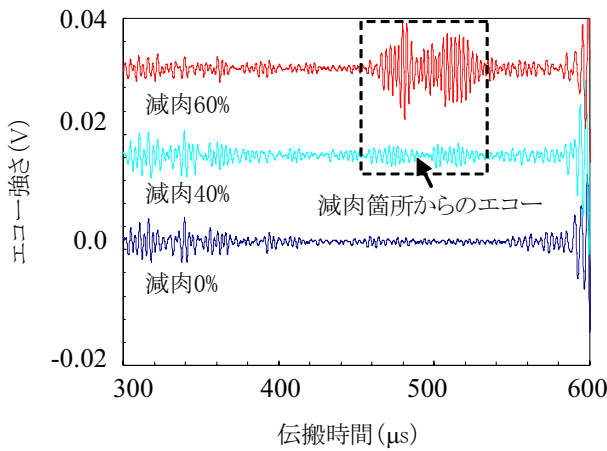


図2 減肉によるエコー

破線枠内のエコーは減肉箇所からのもので、減肉率が増加すると共に強くなる。

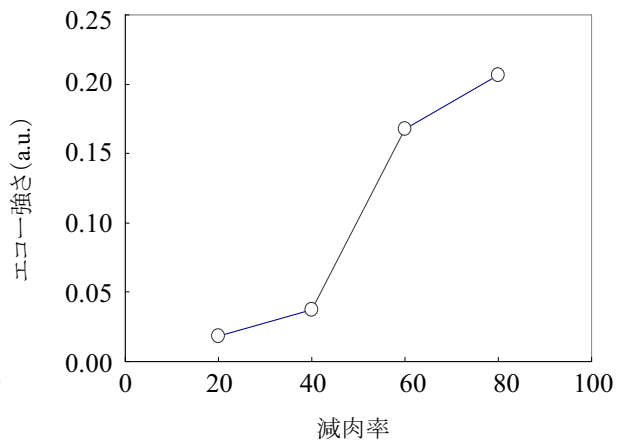


図3 減肉深さとエコー強さ

減肉率の増加に伴い、減肉箇所からのエコーが強くなる。

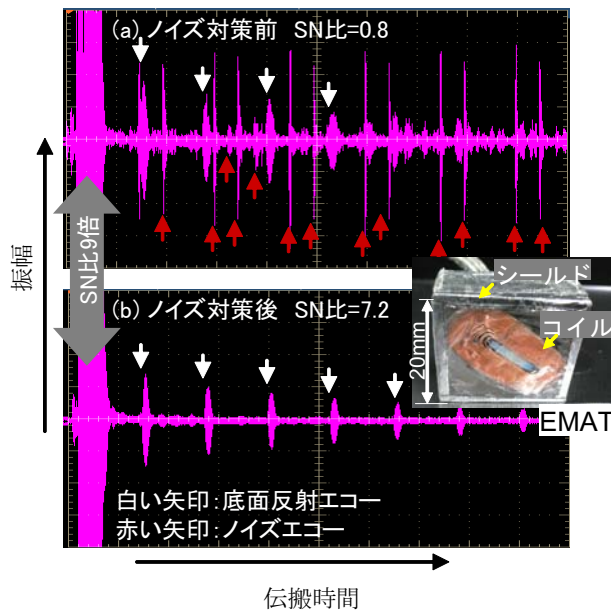


図4 電磁超音波探触子のSN比の改善

ノイズ対策により、ノイズエコーが抑制され、SN比は0.8から7.2と改善した。

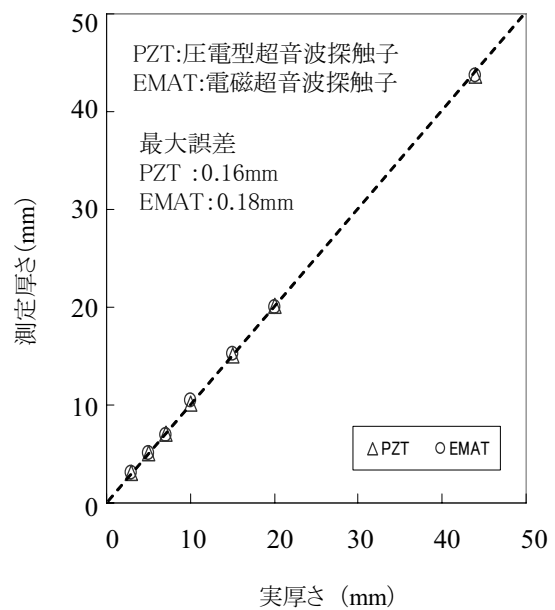


図5 厚さ測定結果の比較

EMATを用いて、0.18mm以内の誤差で試験体の厚さを推定できた。