

実機配管の高精度、高効率欠陥検出のための多機能超音波探傷装置および超音波伝搬シミュレーション手法の開発

背景

火力発電プラントの厚肉配管溶接部にはクリープ損傷によるき裂（タイプⅣき裂）が発生した事例が報告されている。タイプⅣき裂に対してTOFD法とフェーズドアレイ（PA）法を併用することにより、溶接熱影響部のき裂と溶接欠陥を区別して、高精度にき裂の寸法と位置を測定するための手法*1を提案した。一方、超音波探傷の測定条件の最適化、プローブの設計などを効率的に行うには、より正確に受信波形を予測することが必要となる。このため、従来の単一振動子プローブを対象とした有限要素法に基づく詳細な超音波伝搬シミュレーション手法を開発した。しかしながら、本手法ではTOFD法およびPA法の受信波形を予測することができない。

目的

実機配管を検査するための超音波探傷装置を開発し、提案したき裂の寸法と位置を測定する手法を検証する。また、TOFD法およびPA法などの種々の手法における受信波形を予測するために既開発のシミュレーション手法を拡張する。

主な成果

1. 実機配管用検査装置の開発

駆動ユニットおよび探触子ホルダから成る実機スキャナを用いて、外径350mmから700mmの実機配管周方向溶接部をフェーズドアレイ法などの種々の超音波探傷法を組み合わせることで非破壊検査することができる多機能超音波装置を開発した（図1）。本装置を用いることにより、従来と比べて約1/60の時間で探傷データを取得することが可能となった。

2. 提案手法の検証

提案手法により、溶接熱影響部にあるタイプⅣき裂を模擬した内在き裂状欠陥と溶接金属部にある製造時の各種溶接欠陥をその位置から区別することができた（図2）。アメリカ機械学会規格の許容寸法誤差（平均自乗（RMS）誤差、欠陥高さ3.2mm、欠陥長さ19mm）と比較して、内在き裂状欠陥の高さをRMS誤差1.5mm以下（図3）、長さを5.4mm以下、試験体厚さ方向の位置を3.2mm以下と高精度に測定できることを確認した。

3. シミュレーション手法の拡張

結晶粒界における超音波の散乱を考慮でき（図4）、より実際に近いTOFD法およびPA法などの種々の手法の受信波形を予測するためにシミュレーション手法を拡張した。これによって、両手法における欠陥高さ測定に必要なき裂先端での回折波を明らかにし（図5）、受信波形を定量的に予測することができた。また、シミュレーションを適用し、測定条件の最適化およびプローブの設計を効率的に実施できるようになった。

今後の展開

実機配管への開発した超音波探傷装置の適用を進めるとともに、超音波探傷の測定条件の最適化、プローブの設計などに超音波伝搬シミュレーションを活用する。

主担当者 材料科学研究所 構造材料評価領域 主任研究員 福富 広幸

関連報告書 「超音波探傷試験による厚肉配管溶接部の非破壊評価（第3報）」電力中央研究所報告：Q04016（2005年3月）
「オーステナイト系ステンレス鋼溶接部における超音波探傷技術の開発（第2報）」電力中央研究所報告：Q04015（2005年3月）

*1：福富 広幸・林山・新田 明人、電中研報告T03071（平成16年）

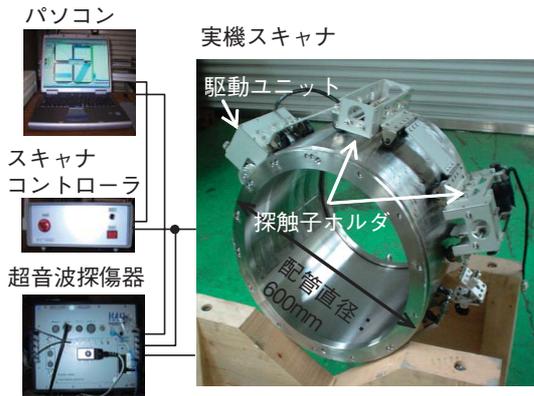


図1 超音波探傷システムの構成

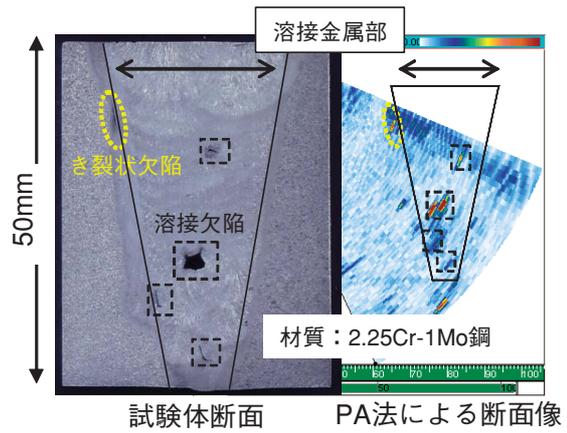


図2 内在き裂状欠陥と各種溶接欠陥

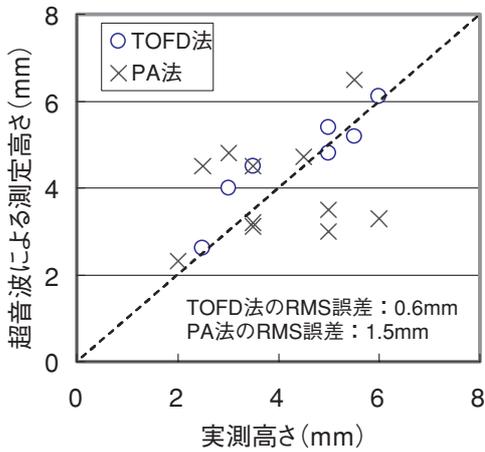


図3 き裂状欠陥高さ測定精度

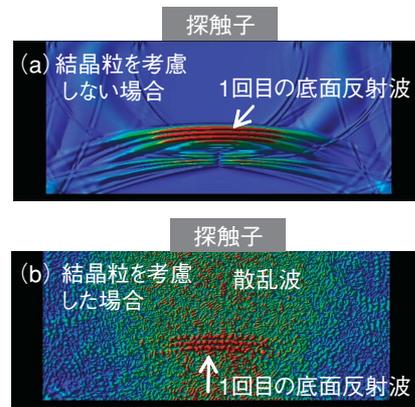


図4 結晶粒径に応じた超音波伝搬の様子

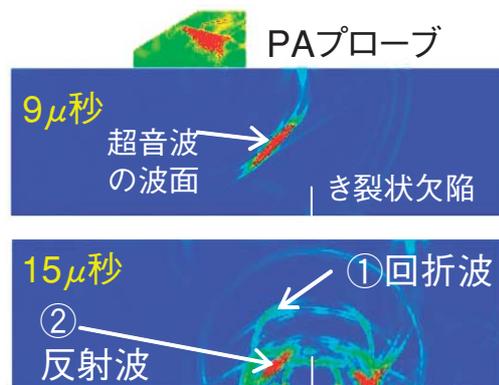
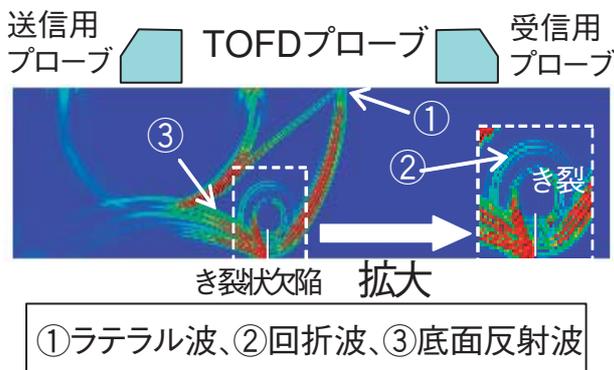


図5 TOFD法およびPA法の超音波伝搬挙動