

集束型探触子をモデル化できる有限要素法と解析的手法を 組み合わせたハイブリッド超音波伝搬シミュレーション手法の開発

背 景

超音波探傷試験において、シミュレーションにより超音波の波動挙動及び探傷で得られる断面画像(探傷画像)を予測することによって、探傷条件の検討、探触子の設計、探傷結果の分析作業などを効率化できる。探傷画像を迅速に予測し、実機検査に活用するには計算時間の短縮が必要とされるため、当所では解析的な手法及び有限要素法(FEM)を併用したシミュレーション手法を開発した^{*1}。しかしながら、局所的に進行するタイプIV損傷及び閉じたき裂を高精度に検出する集束型探触子による波動場のモデル化に開発した手法を適用できないという課題が残されている。

目 的

集束型探触子による波動場をモデル化できるシミュレーション手法を開発し、超音波探傷試験の効率化と精度向上を図る。

主な成果

1. マルチガウシアンビーム(MGB)^{*2}モデルに基づいた、集束型探触子からの波動場は解析解と一致することを確認した(図1)。前報^{*1}で開発された、解析的な手法とFEMを結合したシミュレーション手法にMGBモデルを取り入れることにより、集束型探触子を用いた場合の探傷画像が得られるようになった。
2. 開発した手法により、高クロム合金鋼溶接部におけるタイプIV損傷の探傷画像を、平面型及び集束型の探触子の場合について予測した。予測された結果は実験結果と良く一致したことから、同手法の妥当性を確認できた(図2)。この手法を利用すると、最適な集束効果を得るための探触子のパラメータ(周波数、振動子半径、集束距離等)の決定が容易になる。
3. 開発した手法を用いて、溶接部を跨ぎ応力腐食割れ(SCC)を集束探触子で探傷する場合の探傷画像を予測した。その結果、予測され探傷画像は実験結果と良く一致した(図3)。このことから、開発した手法を用いて裏波とき裂の探傷画像を可視化することにより、裏波とき裂の識別性の向上を図ることができる。

今後の展開

閉じたき裂及びタイプIV損傷の検出に適用していく。

主 担 当 者 材料科学研究所 火力材料領域 主任研究員 林 山

関連報告書 「超音波探傷試験の高精度化・高効率化に活用するシミュレーションツールの開発 第3報 集束型探触子の探傷画像シミュレーション手法の開発」 電力中央研究所報告:Q08010(2009年)

*1: 林、山田、福富、緒方、電力中央研究所報告、Q07004、2008。

*2: 近軸近似に基づき、複数個のガウシアンビームの重ね合わせによって伝搬する超音波ビームを表現する手法である。

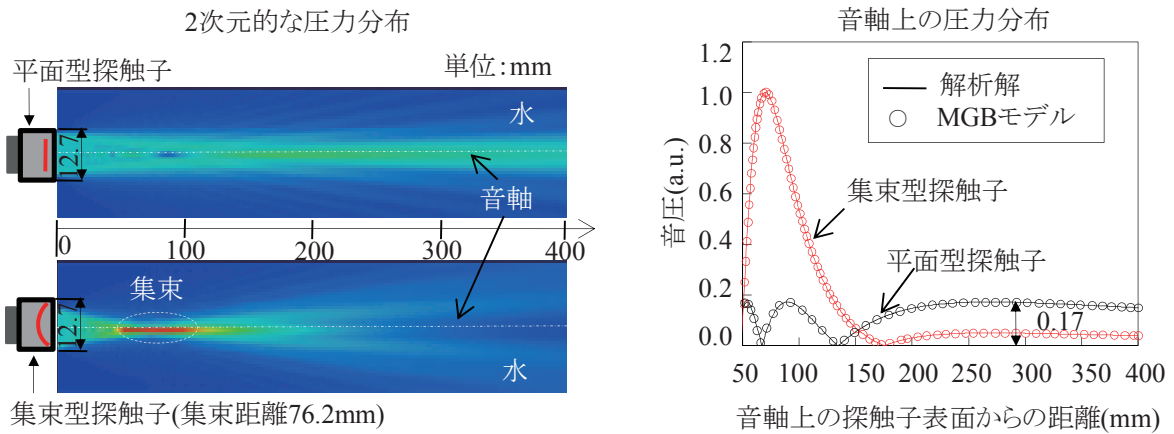


図1 集束型探触子により励起された波動場

タイプIV損傷試験体	実験結果	シミュレーション結果
<p>斜角探触子</p> <p>溶接部</p> <p>約30mm</p> <p>HAZ</p> <p>タイプIV損傷</p> <p>1mm</p>	<p>集束型探触子</p> <p>探触子位置</p> <p>タイプIV損傷からのエコー</p> <p>エコーが明瞭である</p>	<p>シミュレーション結果</p> <p>探触子位置</p> <p>タイプIV損傷からのエコー</p>
<p>平面型探触子</p> <p>タイプIV損傷</p> <p>1mm</p>	<p>平面型探触子</p> <p>探触子位置</p> <p>エコーが不明瞭である</p>	<p>シミュレーション結果</p> <p>探触子位置</p>

図2 タイプIV損傷による探傷画像での開発した手法の検証

SCCを有する試験体	探傷画像
<p>斜角探触子</p> <p>溶接部</p> <p>母材</p> <p>裏波</p> <p>SCC</p>	<p>探触子位置</p> <p>実験結果</p> <p>シミュレーション結果</p> <p>A: 裏波の角部からのエコー</p> <p>C: 裏波からのエコー</p> <p>D: SCCからのエコー</p> <p>BD: SCCと裏波の相互作用によるエコー</p>

図3 開発した手法で予測した裏波とSCCの探傷画像

1. 軽水炉発電

2. バックエンド

3. 放射線安全・低線量放射線影響

4. 金属燃料・乾式リサイクル技術

5. 新型炉

6. 施設保全(耐震)・立地