

超音波探傷試験の超高速シミュレーションツールの開発

背 景

超音波探傷試験において、探傷条件の検討、探触子の設計、探傷結果の分析作業などの効率化にはシミュレーションが有効であり、第一報では有限要素法を用いたシミュレーション手法の高速化が図られている^{*1}。タービン翼溝などの発電機器における形状変化部には、傾斜したき裂が発生することが報告されている^{*2}。複雑な形状変化部においてき裂の有無を超音波探傷試験により非破壊検査する際、得られた断面像から形状による指示とき裂による指示を判別しなければならない。分析作業にシミュレーションを援用することによって効率的に誤判断を抑制できるが、現場で即時に分析作業を行うためには更なる計算時間の短縮が必要である。

目 的

超音波探傷試験で得られる形状およびき裂による指示を高速に予測するためのシミュレーション手法を開発する。

主な成果

1. シミュレーションツールの開発

- (1) 形状変化部の探傷で得られる断面像を短時間に予測するために、形状変化部とき裂での反射と回折を幾何光学的回折理論(GTD)^{*3}で扱い、振動子をピストン音源と仮定して相反定理により探傷波形を求めシミュレーション手法を開発した(図1)。
- (2) き裂の断面像を予測すると、GTDから導かれる従来の近似式に起因して、実際には生じないエコーが現れることが明らかとなった。この問題を解決するために回折係数が無限大となるのを抑制した新たな近似式を導出することによって、実測と良く一致する断面像が得られ(図2)、き裂の指示を定量的に予測できるようになった(図3)。

2. 形状変化部への適用

形状変化部の断面像を本手法により予測することによって(図4)、モックアップ試験体を用いなくとも形状とき裂による指示の特徴を把握できるようになった。なお、有限要素法によるシミュレーション手法ではパソコン^{*4}で一週間以上の計算時間を要するモデルを、本手法では数十秒で計算可能である。

今後の展開

グラフィカルユーザーインターフェイスを整備し、タービン翼溝などの形状変化部における探傷結果の分析支援に活用する。

主 担 当 者 材料科学研究所 火力材料領域 客員研究員 山田 尚雄

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2報 解析的手法による高速シミュレーション手法の開発—」 電力中央研究所報告: Q07005 (2008年7月)

*1 : 林, 山田, 福富, 緒方, 電中研研究報告, Q07004, (2008)

*2 : P. Ciorau, Fourth International Conference on NDE in Relation to Structural Integrity for Nuclear and Pressurised Components, (2004)

*3 : 電磁波や光などの波動の伝播を光線と波面により幾何学的に取り扱う幾何光学に、スリットの先端などでの回折理論を組み合わせ、

*4 : より一般的に応用できるようにした近似理論。音や固体内部の超音波にも応用されている。

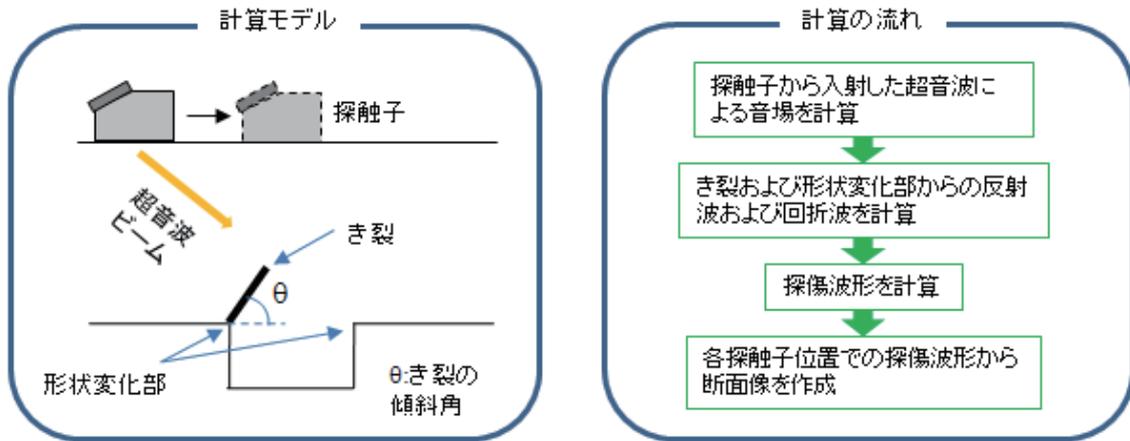


図1 形状変化部の探傷を対象にした高速シミュレーション手法

本手法では解析的手法により、横穴、スリット、球状欠陥による反射や回折によるエコーを計算できる。

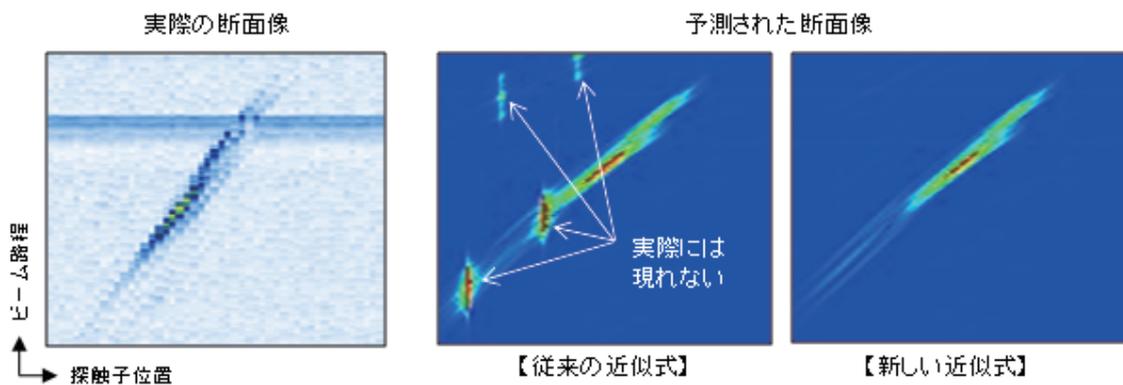


図2 従来と新たな近似式によるき裂の断面像の比較

従来からの回折係数の近似式に起因する問題を解決するために新たな近似式を導出した。

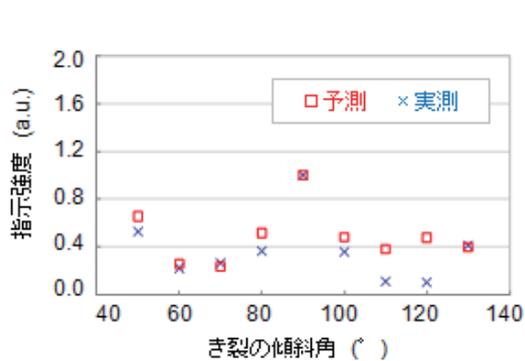


図3 き裂の指示強度の実測および予測結果の比較

開口部エコーにおいて、予測および実測結果は良く一致している。

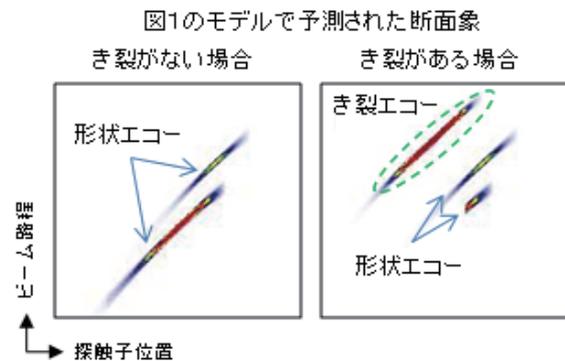


図4 形状変化部の探傷で得られる断面

き裂がある場合、き裂エコーが出現し、形状エコーが変化する。