

I-396

超音波探傷シミュレーションによる 欠陥形状識別に関する研究

東京工業大学 学生員 劉 銘崇 首都高速道路公団 森 祥子
東京工業大学 学生員 高橋政則 東京工業大学 正員 三木千寿

1. はじめに

構造物の部材等の内部欠陥の探傷は超音波パルスエコー法と呼ばれる方法である。また、通常はA-Scopeと呼ばれる、時間-振幅の関係を表示する方法で欠陥の評価が行われる。また、探傷結果に客観性と記録性を持たせるために、画像化するという手法が取られることがある。その主なものとして、B-Scope、C-Scope等が用いられている。これらの方法は従来のA-Scopeのみによる欠陥判定に比べより客観性、記録性に優れ、専門知識を必要としない欠陥判定に貢献している。しかし、得られた欠陥形状の情報を破壊力学に適用し、構造物の寿命評価等に適用しようとした場合、それらの手法を用いても欠陥に関してまだ十分な精度が得られているとは言えない。

本研究では、従来のB-Scopeによって得られる画像と、それと同様な直線の2次元走査データを用いた回折トモグラフィを取り上げ、その適用性について考察するものである。

2. 数値シミュレーションと実験によるB-Scopeの描画

数値シミュレーション、実験共に1本の走査線による1次元スキャンを行い、B-Scopeの描画を行った。シミュレーション、実験における各パラメータを表-1に示す。シミュレーションは有限要素法による、内部欠陥を有したモデルを用いた2次元動弾性解析である。スキャン点数は9点とした。超音波探傷実験のシステムの概略を図-1に示す。パーソナルコンピュータによってコントロールしたX-Yスキャナーを用いて探触子を水浸した試験体表面と平行に走査し、各ポイントにおける時間応答履歴を測定した。時間応答履歴は超音波探傷器によって得られるRF波形をデジタルオシロスコープのメモリに一旦取り込み、それをA/D変換してパーソナルコンピュータに送り、取得データとした。

表-1 解析と実験のパラメータ

	解析	実験
時間ピッチ dt(μ sec)	0.025	0.002
入射波周波数 (MHz)	2.0	5.0
走査ピッチ (mm)	1.0	0.1
欠陥の先端半径 (mm)	0.5, 1.0	2.0, 4.0
欠陥までの距離 (mm)	8.0	25.0

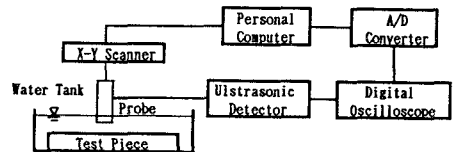


図-1 実験システム

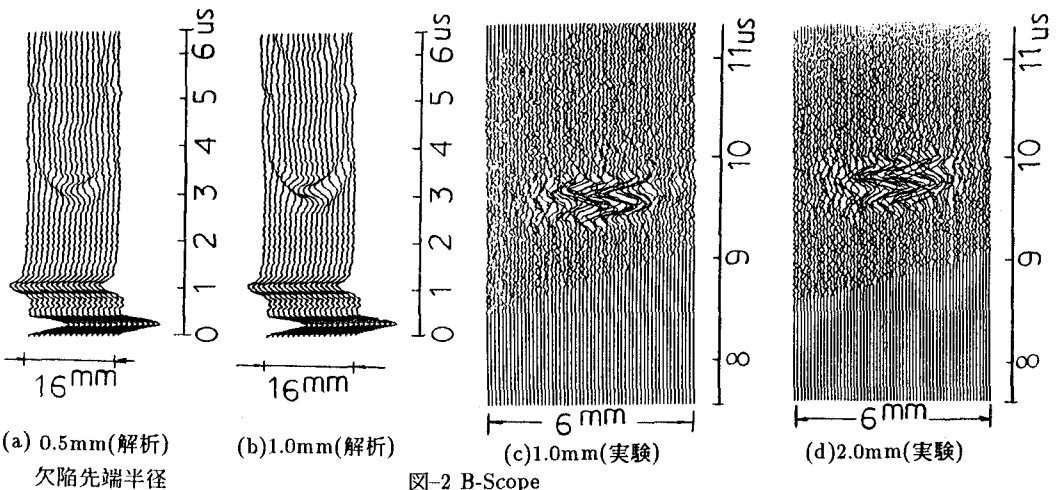


図-2 B-Scope

得られた結果を図-2に示す。図-2をみると人工欠陥の先端半径の違いにより B-Scope にもそれを反映した違いが見られる。反射波のピークは緩やかな曲線を描いているが、この曲線の形は音波の反射源である欠陥の先端半径と関係があると考えられる。幾何的に求まるピークと実際に得られた音波のピークをプロットしたものが図-3である。図-3によると理論値と数値シミュレーションで得られた値はかなり一致しているが、欠陥形状別の差異は顕著ではない。これらのことから B-Scope のみを用いた欠陥判定では欠陥の先端半径の定量的な判定には十分ではないといえる。

これは、従来の B-Scope の方法では、超音波プローブから発生したほぼ球面波上をなす超音波が欠陥直上にプローブがないときでも、欠陥からのエコーを取得するため、エコーのピークの分布が弓状に広がり、高い分解能が得られなくなってしまうことによる。

3. パルス波を用いた回折トモグラフィによる欠陥の画像化

実験と数値シミュレーションで得られた時間応答履歴を用いて、パルス波による回折トモグラフィによる欠陥の画像化を試みた。今回用いた回折トモグラフィは永井ら¹⁾によるパルス波を使った回折トモグラフィである。この手法は図-4に示したアルゴリズムの概略の通り、1次元走査によって得られた各ポイントでの時間応答履歴を時間領域、空間領域においてフーリエ変換しさらに2次元逆フーリエ変換することによって反射源の形状を再構成するものである。この手法によって得られた画像を図-5に示す。図-2の B-Scope の画像と比較して、トモグラフィによる画像では欠陥形状の差異がよりはっきり現れていることがわかる。

これは、B-Scope がピークの時間軸上の位置とそのエコー高さのみを利用しているのに対し、回折トモグラフィはそれらの情報に加えて反射散乱波の持つ位相情報等を利用しているためであると考えられる。

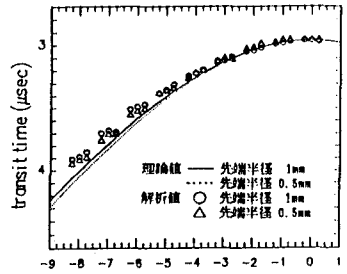


図-3 理論値と解析値の比較

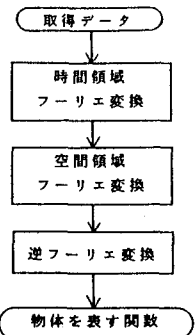


図-4 トモグラフィの処理の流れ

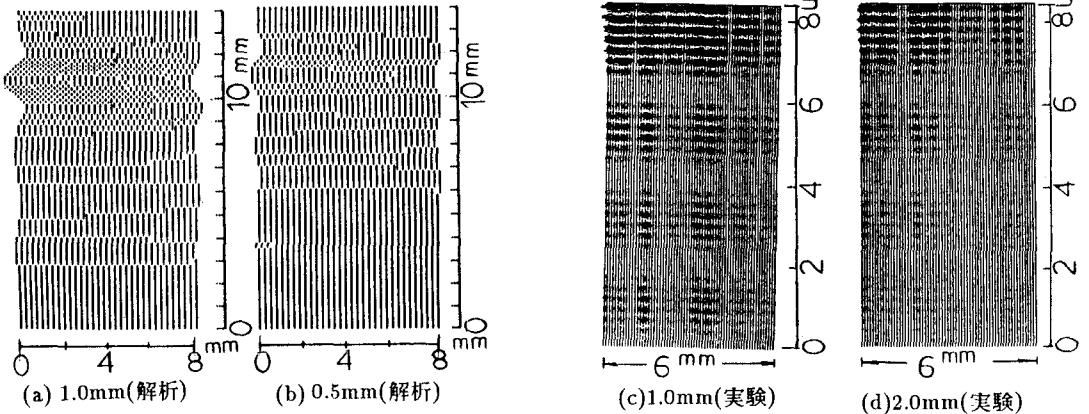


図-5 トモグラフィによる欠陥像

4. まとめ

本研究では従来の B-Scope による欠陥の画像化と回折トモグラフィを用いた画像化とを比較することによって、欠陥形状の定量的な判定の可能性について調べた。その結果、B-Scope を用いた方法では、回折トモグラフィを用いた方法と比較して欠陥形状の高精度な判定には不十分であることが分かった。

参考文献

1) K. Nagai, A New Synthetic-Aperture Focusing Method for Ultrasonic B-Scan Imaging by the Fourier Transform : IEEE Transactions on Sonics and Ultrasonics, VOL.SU-32,NO.4,JULY 1985