

I - 595

超音波回折トモグラフィの 超音波探傷への応用

東京工業大学 学生員 ○劉 銘崇
建設省 高橋政則
東京工業大学 正員 三木千寿

1. はじめに

従来、非破壊検査で用いられてきた超音波による画像処理はビームの拡散のため、高い分解能が得られないという欠点があった。この欠点を改良するために探傷データの開口合成等の手法が開発された。本研究で用いた超音波回折トモグラフィは、Nagai¹⁾によって提案された超音波波動の回折現象を考慮したフーリエ領域再構成法による超音波トモグラフィである。B-Scopeと同様ナインスキャンニングで、トランスデューサの位置を一つのパラメータに、もう一つの変数にパルス波である超音波波動の時間軸を用いる。本研究ではこの超音波トモグラフィ法に着目し、鋼材内部の先端半径の異なる人工欠陥について画像再構成を試み、その適用性について検討した。

2. 処理過程について

(1) 実験システム

図-1に試験体とそれに含まれている欠陥の形状を示す。今回用いた探触子は中心周波数5MHzの無焦点の水浸型のものである。探触子の直径は10mmで水浸用の探触子としてはかなり小さいものである。探触子が小さければ指向角が大きくなり、分解能を上げることができる。

(2) 波数領域へのマッピングの際の補間

超音波回折トモグラフィのデータの処理過程において周波数-波数という2次元パラメータからx方向波数、y方向波数という2次元の波数領域へのデータ分布パラメータの変更を行わなければならない。この際に波動方程式による変換を用いるのであるが、そのまま変換したデータでは2次元波数領域上での分布状態が直行した格子状の分布をするのでなく弧を描いて分布するようになる。このままでは離散逆フーリエ変換を行うことができないので、格子状分布に変換する。今回は最も基本的な2次元線形補間法を用いてその変換を行う。

(3) 再構成における波数領域での積分範囲

図-2に使用した入射波の周波数のパワースペクトルを示す。映像を明瞭させるために、雑音を除くことが必要である。図中で示す範囲のように、ピーク周波数に対して10%位までの振幅をもつ周波数帯を映像へ斜線再構成するときの積分範囲として使った。図-2に示すように、最大周波数は約5.5MHz、最小周波数は約4.3MHzとした。

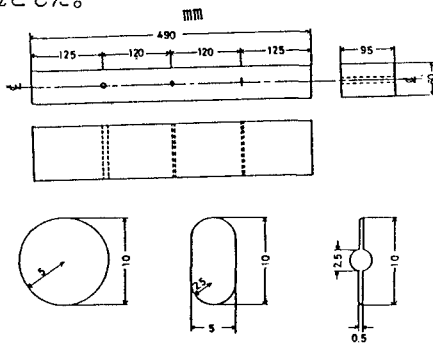


図-1 試験体の寸法と欠陥形状

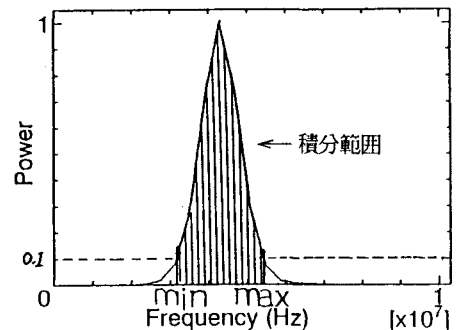


図-2 周波数分布

3. 超音波トモグラフィの精度

超音波回折トモグラフィの精度を検証のために、まず、直径1.5mm針金を用いてその断面図を再構成することを試みた。スキャンニングピッチは1mmである。図-3に針金の映像を示す。この図の格子間隔は1mmx0.43mmである、これは開口合成長さスキャンニングピッチから決めた横と縦の分解能である。針金では点反射源と考えられる。断層面のほぼ中央付近にピークが現れている。目盛りと比較して、実際の直径より大きくあわれているが、これは探触子の直径が針金のよりかなり大きいために、探触子指向性に影響されたと考えられる。再構成映像を見ると、良い映像系を示している。

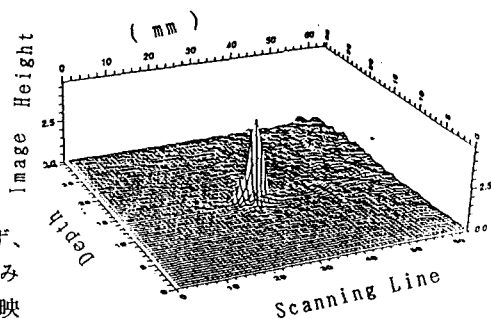


図-3 針金の再構成図

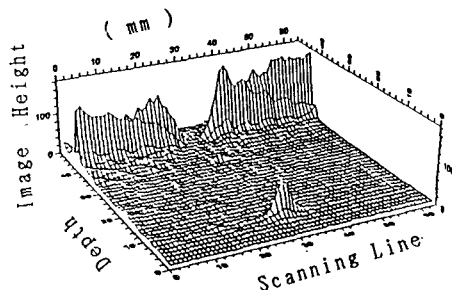


図-4 円の再構成図

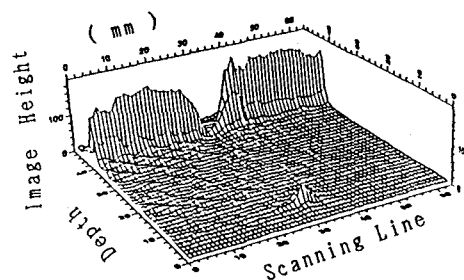


図-5 楕円の再構成図

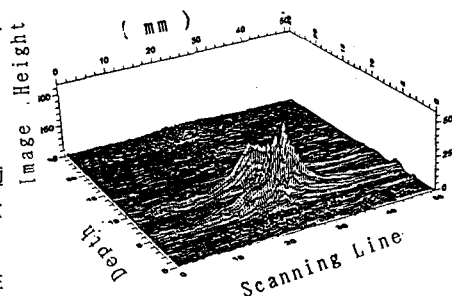


図-6 スリットの再構成図

4. 人工欠陥の再構成結果

図-4、図-5に人工欠陥円と楕円の映像を示す。この二つの図の格子間隔は1mmx1.27mmである。欠陥の像は中央付近に少し高くなっている部分である。欠陥の違いによって反射エコーの大きさや反射波の形成曲線の曲率が違っている。後方に見える試験体の底面からのエコーによる画像も再構成されている。欠陥の先端半径ははっきりとは再構成されず、かなりぼやけた画像になった。この原因についてはパルス波反射型の超音波トモグラフィの理論に入射波は球面波という仮定があり、実際には探触子には指向性が存在するために理想的な球面波とは異なっているためである。

図-6に人工欠陥スリットをの映像を示す。試験体の底面エコー高さは反射エコーよりかなり大きいので、反射エコーを強調するために除かれた。図-6に示すように、欠陥の中央の小円孔と0.25mmの先端半径のスリットがいずれも再構成されていない。

5. まとめ

本研究では超音波回折トモグラフィの、超音波探傷への適用性について調べた。その結果、人工欠陥の先端半径の明確な再構成映像には及ばなかったが、先端半径の違いを識別することが可能であり、回折トモグラフィによる超音波探傷の可能性を示した。

参考文献

- 1) K. Nagai: A New Synthetic-Aperture Focusing Method for Ultrasonic B-Scan Imaging by the Fourier Transform, Transaction on Sonics and Ultrasonics, Vol. SU-32, No. 4, July, 1985