1次元および2次元アレイ探傷データを用いた開口合成法による鋼材中模擬欠陥の画像化

東京工業大学	学生員	藤原	昌之
東京工業大学	正会員	木本	和志
東京工業大学	正会員	廣瀬	壮一

1.はじめに

超音波探傷試験において計測される超音波エコー(Aスコープ波形)から、検査材内部の欠超像を再構成するためには、複数箇 所で取得した計測波形が必要となる。従来の超音波探傷試験では、単一あるいは二つの超音波センサー(探触子)を用いた計測 が一般的であるため、そのようなデータ取得のためには、探触子位置を物理的に移動させた複数回の計測が必要であり、検査に 多くの時間を要した。一方、医療分野で開発が行われ、近年土木構造物に対しても適用が始まっている、アレイ探触子を用いれ ば、同様な計測を非常に効率よく行うことができる。ただし、土木構造物では探触子を設置可能な位置が被検査材の形状に依存 してかなり制限を受けるなど固有の問題がある。それゆえ、固体中欠陥の正確な評価を行うためには、いくつか代表的な形状を もつ欠陥に対して像構成を行い、探傷条件と得られる欠陥像の関係について予め調べておく必要がある。本研究はそのような検 前の一環として、周波数や素子の配置が異なる2種類のアレイ探触子を用いて計測した人工欠陥からのエコーを、開口合成法に よっての画像化した結果について報告するものである。

2.実験概要

図1に本研究で用いた試験体の形状よおび座標系を示す。二種類の欠 陥を模擬するため、鋼材中に同図 x 軸方向に貫通した円形および矩形 の横穴が設けてある。探傷は板上面(z=0mm)片側からのみ可能である として、模擬欠陥のほぼ直上にアレイ探触子を配置し、一箇所からの みの計測とした。探傷波形の取得には、東芝社製3D超音波検査装置 を用いた。この装置では、最大256素子のアレイ探触子が接続可能で あり、それら全素子の組み合わせでAスコープ波形を計測することが できる。計測されたAスコープ波形は探傷機において画像化処理する ことが可能であるため、欠陥像を計測からシームレスに表示すること も可能であるが、今後種々の画像化アルゴリズムを検討していくこと



図 1 試験体の形状及び座標系

表1 試験に用いたアレイ探触子の諸元

PC に取り込み、PC 上で開口合成	探触子タイプ	素子数(個)	素子寸法(幅×長さ)	ピッチ[mm]	周波数
法による画像化処理を行った。	リニアアレイ	256(=16 × 16)	2.0mm × 2.4mm	3.0mm	5MHz
	マトリクスアレイ	64(=1 × 64)	0.8mm × 12.0mm	0.9mm	2MHz
計測には素子を直線上に配置し					

たリニアアレイ探触子と、2次元的に配置したマトリクスアレイ探触子の二種類の探触子を用いる。それらの諸元は表1に示す とおり。

3.開口合成

を念頭におき、ここではデジタ

ル化した A スコープ波形を別の

開口合成では、欠陥を無指向性の点散乱体の集まりで表現し、これらの相対的な強度分布 S(x)を次式によって推定する。こ こに f_{ii}(t)は点 x_iにある I 番目の素子で送信を行い、点 x_iにある j 番目の素子で受信された A スコープ波形を意味し、c は媒質 の縦波音速を表す。

$$S(\mathbf{x}) = \sum_{i,j=1}^{N} f_{ij}(t_f), \quad (t_f = \frac{|\mathbf{x} - \mathbf{x}_i|}{c} + \frac{|\mathbf{x} - \mathbf{x}_j|}{c})$$

4.実験結果

図2,3にマトリクスアレイ探触子を用いて行った開口合成の結果を示す。これらの図はS(x)をグレイスケールで示したもの で、明るく見える部分が反射源を表している。マトリクスアレイ探触子を用いた場合、三次元的な欠陥像の構成が可能であるが、

-257-

ここではその結果を分かりやすく x,y,z の 3 つの断面像で示してある。これらの結果を見ると、円孔、矩形スリットの場合とも 超音波が直接入射される欠陥上面近くが再構成されていることがわかる。x 断面像についてみると、実際の欠陥寸法すなわち、 円孔径やスリット幅よりもかなり広い範囲に明るい部分がみられ、この結果のみでは寸法推定までは難しいといえる。一方、y 断面の結果をみると円孔の場合は明らかに試験体を貫通している様子が現れているが、矩形スリットでは中央付近には空洞が存 在しないように見える。これは、円孔は機械加工によって作成したが、矩形スリットに関しては溶接部に意図的に空洞を残すよ うに溶接することで作成しているため、実際には y 軸中央部付近でスリット両面が密着してしまっていることを示している。

図 4,5 に、リニアアレイ探触子によって得られた結果を示す。この場合、探触子直下の長手方向を含む面、すなわち x=0mm の断面像のみが得られるためそれを図 4,5 に示してある。これらは図 2,3 の x 断面に相当するものであるが、リニアアレイを 用いた場合、円孔および矩形スリットの上部がより忠実に再構成されており欠陥寸法の大まかな推定が可能であることを示唆し ている。これは、リニアアレイ探触子は素子寸法が非常に小さく、単一素子からの入射場が弱い指向性しか示さないために、結

果として多くの 送受信素子の組 合せで欠陥エコ ーが計測できる ためであると考 えられる。



4.まとめと今後の課題

本研究では、鋼 材中の模擬欠陥 を開口合成法に よって画像化し た結果を示した。 その結果、マトリ クスアレイ探触 子を用いた場合、 三次元的な散乱源の 分布が把握できるが 今回用いた素子寸法 の探触子では欠陥寸 法の推定が難しい。リ ニアアレイ探触子を 用いた場合、一断面す なわち2次元情報し か得られないものの、



図3 スリットをもつ供試体に対する開口合成結果 (a:x 軸 b:y 軸 c:z 軸に垂直な断面における欠陥像)



図4 丸穴をもつ供試体に対する開口 合成結果(リニアアレイを用いた場合)



図 5 スリットをもつ供試体に対する開口 合成結果(リニアアレイを用いた場合)

欠陥寸法に関する情報がより多く得られる可能性があることが分かった。これらは、使用する探触子の素子寸法や配置による結果であると考えられるため、大凡の欠陥位置把握、詳細な欠陥形状推定のそれぞれに最適な探触子について検討していくことが 課題であると考えられる。

キーワード アレイ探触子,欠陥像,超音波探傷試験,開口合成法
連絡先 〒152 - 8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 TEL 03-5734-3587