



FMC/TFM の接合部探傷への適用検討

Omori Seiichi

大森 征一^{*1}

超音波アレイ探触子を利用した詳細探傷が可能な手法として Full Matrix Capture / Total Focusing Method に着目し、微細きず検出への適用の可能性について検討した。SUS304-SUS304 拡散接合試験体（試験体サイズ 200mm × 200mm × t40mm）に対して深さ 20mm の位置に加工した微小な平底穴を対象に探傷試験し、 $\phi 0.05\text{mm}$ の平底穴が検出できることがわかった。

キーワード： 水浸法超音波探傷試験、アレイ探触子、FMC/TFM

1. 緒言（はじめに）

水浸法超音波探傷試験（以下、水浸法 UT）の適用対象は、接合層の未接合・異物検査や CFRP 部材の層間剥離検査が多く、面状きずの検出に対するニーズが高い。近年、接合技術や造形技術の進歩から数 $10\mu\text{m}$ 単位の微細な空隙の検出といった従来 UT 技術では対応が難しい要求が増えている。従来水浸法 UT では、このような微細な空隙を検出対象とする場合には 50MHz 以上の高周波帯域を発する超音波探触子を利用することで対応してきた。しかし、超音波の高周波帯域は低周波帯域に比べ、固体内の伝搬距離に応じて大きく減衰するため、減衰が大きい材質や、材厚が大きい製品への適用は困難であった。一方で、超音波アレイ探触子を利用した微細な空隙の検出が可能な手法として Full Matrix Capture / Total Focusing Method（以下、FMC/TFM）⁽¹⁾ が知られている。FMC/TFM は広範囲で超音波の焦点を合わせることができ、

その探傷結果は探触子の走査ピッチ以上の解像度が得られる。

本稿では、水浸法にて厚さ 20mm の平板 2 枚を拡散接合した試験体に対し 10MHz の探触子を用いて FMC/TFM を適用し、 $\phi 0.05\text{mm}$ の平底穴の検出可否について検討した結果を報告する。

2. 探傷試験

2.1 試験方法

本試験では、**図 1** に示す配置で 2 軸 (X-Y) スキャナにより探触子を走査し、**図 2** に示す SUS304-SUS304 拡散接合試験体に対して上側から超音波を入射して接合面の C スコープを取得し、その指示位置と平底穴の加工位置を比較した。

2.2 試験体（検出対象模擬きず）

試験体は**図 2** に示すように上下 2 枚の SUS304 板材（板厚 20mm）を拡散接合しており、下の板材の接合面には、接合前に No.1 から No.4 の

^{*1}：検査事業部 技術部 NDEグループ

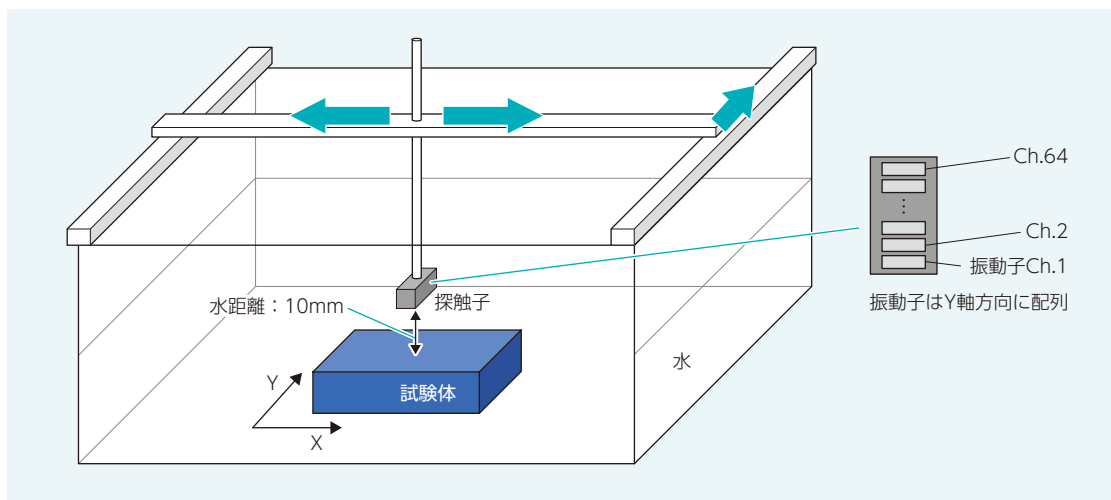
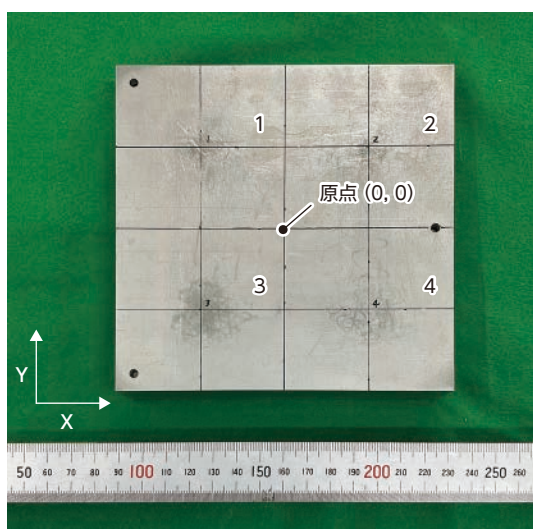


図 1 探傷時の配置および走査方法



(a) 上側から撮影



(b) 側面から撮影

図 2 SUS304-SUS304 拡散接合試験体の外観

表 1 平底穴の寸法（加工指示値）

平底穴番号	径 [mm]	加工深さ [mm]	X 位置 [mm]	Y 位置 [mm]
1	$\phi 1$	1	-37.5	37.5
2	$\phi 0.5$	0.5	37.5	37.5
3	$\phi 0.1$	0.1	-37.5	-37.5
4	$\phi 0.05$	0.05	37.5	-37.5

4 か所に平底穴を加工した。平底穴の加工寸法と加工位置を表 1 に示す。表 1 内の X 位置、Y 位置はそれぞれ試験体中心を原点とし、図 2 (a) の写真右方向を X 軸の正、上方向を Y 軸の正とした。

2.3 使用機器と設定

アレイ探触子は、周波数 10MHz、素子数 64、素子ピッチ 0.3mm のリニアアレイ探触子を、探傷器は、64 素子を使った FMC/TFM が可能な

フェーズドアレイ探傷器を使用した。また、探傷条件を表 2 に示す。

2.4 探傷結果

FMC/TFM の探傷結果を図 3 に示す。図 3 内の破線で示すように 4 箇所平底穴の指示が確認できた。4 箇所以外にも高い値の指示（黄色矢印で示す。）が表れたが、図 4 に示す一振動子型

表 2 探傷条件の設定（FMC/TFM 法）

項目	設定
送信電圧	160Vpp
周波数フィルタ	バンドパス 10MHz
音速設定	5,730m/s
探傷感度	4 の平底穴を 80%
探傷範囲	200mm × 200mm
探傷ピッチ	0.5mm × 1mm
取得解像度	0.5mm × 0.06mm

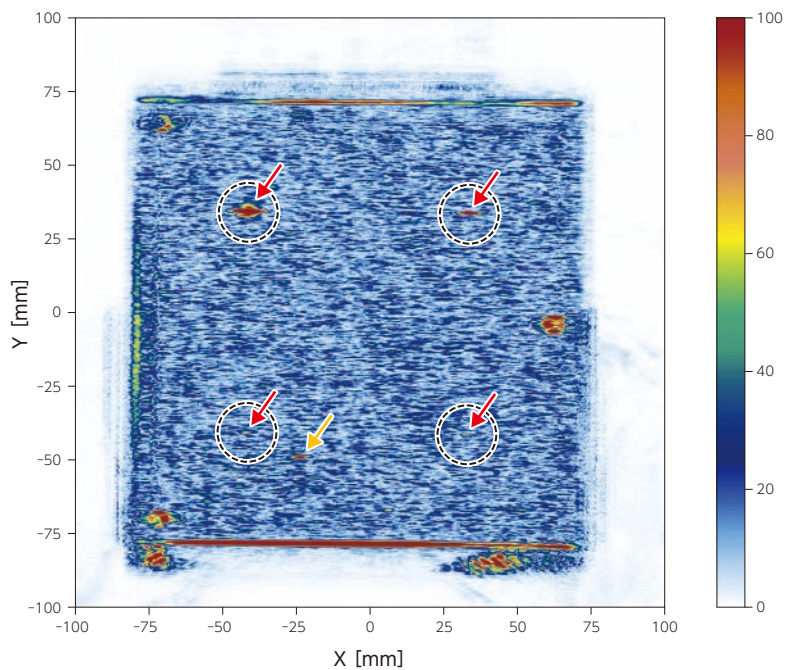


図 3 FMC/TFM 探傷結果（リニアアレイ探触子）

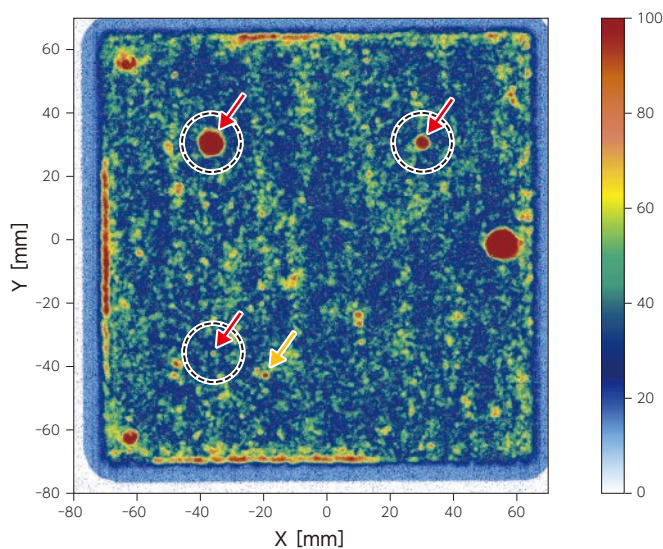


図 4 水浸法 UT 探傷結果（一振動子型探触子）

表 3 検出した各指示の座標と平底穴加工位置の対比

指示座標 [A]			加工位置 [B]			差 [A]-[B]	
指示番号	X 座標 [mm]	Y 座標 [mm]	想定される反射源 (表 1 の番号)	X 位置 [mm]	Y 位置 [mm]	X 位置 [mm]	Y 位置 [mm]
1	-37.0	38.34	1	-37.5	37.5	0.5	0.84
2	38.0	37.68	2	37.5	37.5	0.5	0.18
3	-37.5	-36.60	3	-37.5	-37.5	0.0	0.9
4	36.5	-37.32	4	37.5	-37.5	-1.0	0.18
5	-19.5	-44.76	該当なし	-	-	-	-

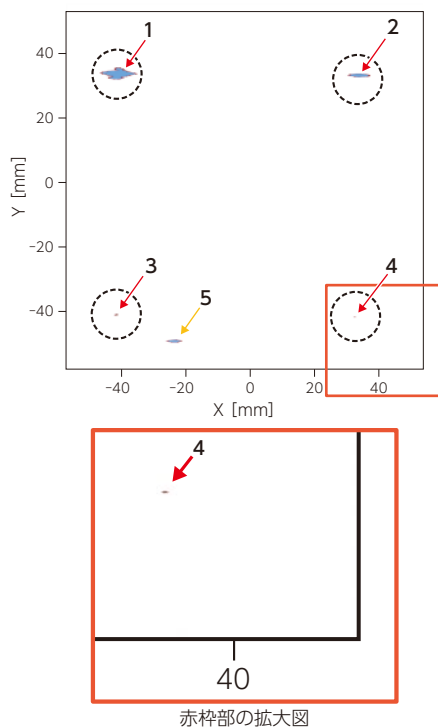


図 5 2 値化処理した探傷画像と指示の輪郭

探触子を用いた水浸法 UT の探傷結果でも同じ位置に指示が表れたことから、設計した以外にも何らかの反射源が存在するものと考え。

2.5 きず指示の検出

図 3 に示した探傷結果から、画像処理により各指示の座標を求めた。処理手順としては、指示の検出レベルを 75% とし、検出レベルをしきい値として 2 値化処理した探傷画像から指示の輪郭を抽出し、その輪郭に外接する矩形の中心をきず指示の座標とした。図 5 に 2 値化処理した探傷画像と指示の輪郭を示す。各指示の座標と平底穴の加工位置を表 3 にまとめる。

表 3 より、指示の座標と加工位置の差異は最大 1.0mm であり、指示番号 1 ～ 4 についてはそれぞれの穴に由来する指示と考えられる。ただし、探傷結果には材料ノイズとみられる指示（番号 5）も生じていることから、実検査への適用には、断面観察結果との対比など、さらなる検証を要する。

3. おわりに

微細きず検出への FMC/TFM の、適用の可能性について検討した。SUS304-SUS304 拡散接合試験体（試験体サイズ 200mm × 200mm × t40mm）に対して深さ 20mm の位置に加工した微小な平底穴の検出限界を調査し、FMC/TFM の探傷結果から $\phi 0.05\text{mm}$ の平底穴を検出できることを確認した。ただし、探傷結果には材料ノイズとみられる指示も生じており、実探傷への適用にはさらなる検証を要する。

また、FMC/TFM 法の探傷結果では、アレイ振動子の配列方向のみ分解能が向上するため、一振動子探触子を用いた手法の結果と比較して方向依存性が生じた。きずとアレイ振動子の配列方向の相対的な向きが、きず検出能力に影響することから、今後は、振動子幅方向へ物理的に焦点をもたせたアレイ探触子や、マトリクスアレイの適用を検証する。

参考文献

- (1) 林 恭平, *et al.* 「複雑な形状から製品内部をイメージングするアダプティブ超音波探傷技術」、三菱重工技報、Vol.56、No.1、(2019)



検査事業部 技術部
NDE グループ

大森 征一

TEL 045-759-2120