

「非接触空中超音波検査用プローブの特性について」

Characteristics of Probes for Non Contact Air Coupled Ultrasonic Testing

高橋 雅和¹⁾、高橋 修¹⁾、星野 秀和¹⁾、小倉 幸夫¹⁾、西野 秀郎²⁾、川嶋 紘一郎³⁾
松島 正道⁴⁾、Masakazu Takahashi¹⁾、Osamu Takahashi¹⁾、Hidekazu Hoshino¹⁾、
Yukio Ogura¹⁾、Hideo Nishino²⁾、Koichiro Kawashima³⁾、⁴⁾ Masamichi Matsushima

¹⁾ジャパンプローブ(株) Japan Probe Co Ltd、²⁾徳島大学院: Inst. Tech. & Sci, The Univ. of Tokushima、³⁾超音波材料診断研究所: Ultrasonic Material Diagnosis Lab、⁴⁾宇宙航空研究開発機構: Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)

概要

ウルトラハイパワー矩形バースト波を用いた非接触空中超音波検査法 (Non Contact Air Coupled Ultrasonic Testing 以下 NAUT と呼ぶ) に使用されるプローブの特性について実験及び理論計算を実施した。点集束探触子を用いるとビームが集束され鮮明な高解像力の画像が得られることが分かった。以下、NAUT用プローブの特性と適用例を紹介する。

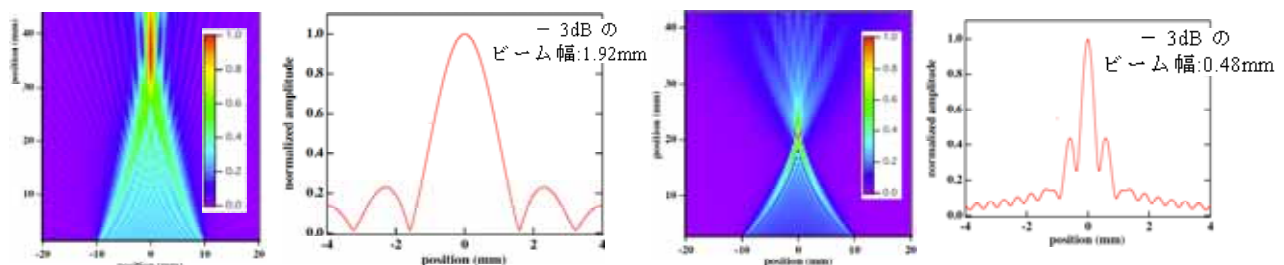
Keyword ; Square Burst Wave, NAUT, Point Focusing Probe, CFRP, Delamination, Spot Weld, Image

1. はしがき

非接触空中超音波検査法 (NAUT) の開発及びこの技術に使用されるプローブの特性について既に報告した^{1)~2)}。今回、点集束探触子の音場について実験及び理論計算を実施し検討した。NAUTでは、従来の超音波探傷の如く接触状況の影響を受けない。空気を媒体としているので各種の利点がある。例えば空気中の音速は鋼に比較して非常に遅く波長が短く鋭い集束ビームを作り易い。以下、NAUT用プローブの特性と適用例を紹介する。

2. 点集束探触子の音場

点集束探触子の音場については木村等^{3~4)}の研究がある。今回、空気中での点集束音場について検討した。図1に点集束探触子の音場及び指向性の理論計算値を示す。

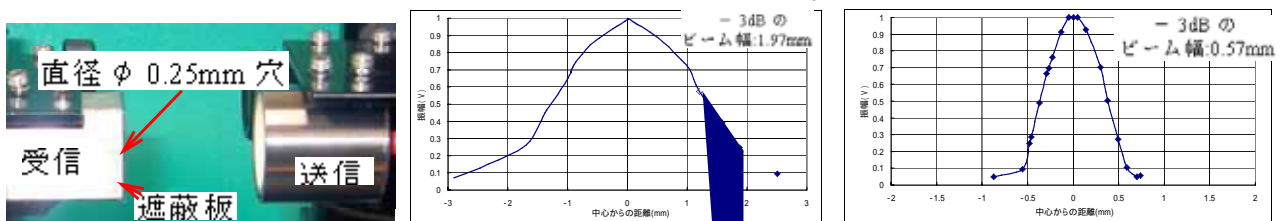


(a) 周波数400KHz, 直径20mm, 焦点38mm

(b) 周波数800KHz, 直径20mm, 焦点20mm

図1 点集束探触子(0.4K20N・R38と0.8K20N・R20)の音場と指向性

図2に透過波による焦点近傍のビーム幅の測定例を示す。



(a) ビーム幅測定法

(b) 0.4K20N・R38のビーム幅

(c) 0.8K20N・R20のビーム幅

図2 直径 0.25mm穴の透過波による焦点近傍のビーム幅測定例

図2に示すように、送信側を点集束探触子、受信側を直径 0.25mm の穴を有する遮蔽板を取り付けた平面探触子を用いて 0.25mm の透過波の振幅を測定しその移動量からビーム幅を求めた。本報告では、簡単のため音圧計算には、2次元のレイリー積分を用いた。集束音場では、振動子の微小要素から、円筒波面が出ているとし、振動子面の凹凸形状に

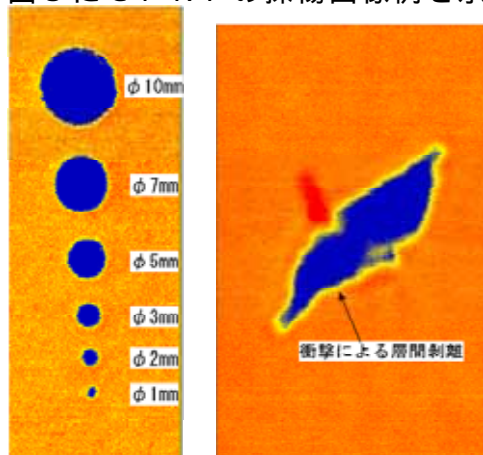
合わせて、位相を考慮した 2 次元レイリー積分を実施した。音圧の計算式を式(1)に示す。ここに、 ω , ρ , v_0 , l と $H_0^{(2)}(kr)$ は角周波数、密度、振動子面の粒子速度、振動子面の位置と第 2 種ハンケル関数を示す。実際の計算では、最大値を 1 に正規化した。

$$p = \frac{\omega \rho v_0}{2} \int_l H_0^{(2)}(kr) dl \quad \text{----- (1)}$$

透過法によるビーム幅(片道で-3dB,エコーで-6dB)の測定値は、周波数 400KHz で 1.97mm、周波数 800KHz で 0.57mm で図 1 の計算値は 400KHz で 1.92mm、800KHz で 0.48mm で測定値と計算値はほぼ一致した。

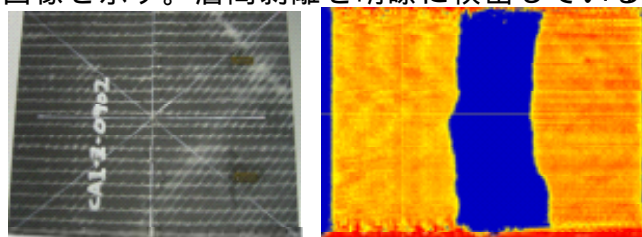
3. 点集束探触子を用いた画像例

図 3 に C F R P の探傷画像例を示す。図 3 (a)は周波数 800KHz の場合で 1mm の円板まで十分識別している。図 4 に厚さ 10mm の CFRP の VaRTM (Vacuum assisted Resin Transfer Molding) 材の画像を示す。層間剥離を明瞭に検出している。



(a) アクリル円板を (b) 層間剥離の画像
試験体の上に載せた画像

図 3 CFRP の画像例



(a) VaRTM 材 (b) VaRTM 材の画像
図 4 CFRP の VaRTM 材の探傷画像

図 5 に CFRP に 1mm の鉄球を高速貫通させた場合の貫通穴周辺のはく離挙動を確認した画像を示す。貫通穴の周辺は広範囲に層間剥離を起こしていることが観察できた。



(a) 試験体 (b) 画像例

図 5 1mm の鉄球を高速貫通させた CFRP の画像例



(a) IC チップ (b) 画像例

図 6 IC チップの探傷画像例

図 6 に IC チップの探傷画像例を示す。チップの中央部に発生した層間剥離が観察できる。

4. まとめ

非接触空中超音波検査法 (NAUT) に使用されるプローブの特性について、実験及び理論計算を行い検討した。その結果次のことが明らかになった。

- (1) NAUT では空気中の音速は鋼に比較して非常に遅く波長が短く、鋭い集束ビームを作り易く探触子の設計・製作が容易である。
- (2) 点集束探触子の特性は実験と理論計算がほぼ一致した。
- (3) 点集束探触子を用いるとビームが集束され鮮明な高解像力の画像が得られることが分かった。

参考文献

- 1) 高橋雅和、星野秀和、小倉幸夫：非接触空中超音波探傷検査法の開発、自動車技術会、学術講演会前刷集、NO.20-09,100,PP13+16,(2009)
- 2) 高橋雅和、高橋修、星野秀和、小倉幸夫、西野秀郎、川嶋紘一郎：非接触空中超音波用プローブの特性について、第 17 回 UT シンポジウム、PP.81-86,(2010)
- 3) 木村勝美他：超音波探傷用点集束斜角探触子の設計方法、非破壊検査、38(1), pp.2-10, (1982)
- 4) 超音波便覧：円形凹面振動板の中心軸上の音場(集束音場)、PP.38-41,丸善、(1999)