

斜角横波入射可能なアレイ探触子の入射波特性について

武蔵工業大学 正会員 白旗弘実

1. はじめに

鋼道路橋溶接部の品質管理に、超音波探傷試験が適用されてきている。超音波探傷試験の中でも特に最近では、アレイ探触子の適用性に関する検討が多くなっている^{1),2),3)}。アレイ探触子は、十分小さな圧電素子を密に配列したもので、各圧電素子要素に時間差をつけて励振することで入射波に角度をつけたり、集束させたりすることが可能である。

これまでのアレイ探触子においては、縦波(P波)入射の検討が多いように思われる^{1),2),3)}。アレイ探触子に限らず、縦波斜角入射においては、スネルの法則より、縦波だけでなく、横波(SV波)も入射される。入射波が溶接きずやビードなどで、モード変換したり、同時に入射された横波の影響で、反射波形の解釈が難しくなってしまうことがある。そこで、横波斜角入射可能なアレイ探触子を作成した。本報告は、入射波の特性を調べたものである。

2. 試作アレイ探触子

作成したアレイ探触子の詳細を図-1に示す。アレイ探触子は16素子であり、直線状に並んでいる。中心周波数は5MHzである。アレイ探触子においては、アレイ素子のサイズおよび間隔が重要である。5MHzの超音波は鋼中において、横波では波長が0.65mmであるので、素子の寸法はその半分の0.3mm、素子間隔は0.4mmとした。素子の幅は7mmとした。

ここで検討したアレイ寸法で横波入射条件を適用した場合、どのような波が入射されるか、シミュレーションによる検証を行った。結果を図-2に示す。入射屈折角は40度としているが、入射SV波はなめらかな波面で進行していくことが確認された。

3. 探傷システム

アレイ探傷システム²⁾を図-3に示す。探傷システムは、パーソナルコンピュータ、探傷器、アレイ探触子およびオシロスコープからなる。パソコンで、励振パターンや感度を設定する。探傷器はいくつかある励振パターンの波を収録する。探傷器はいくつかのパターンのうち、一つの波形を選別することも可能で、オシ

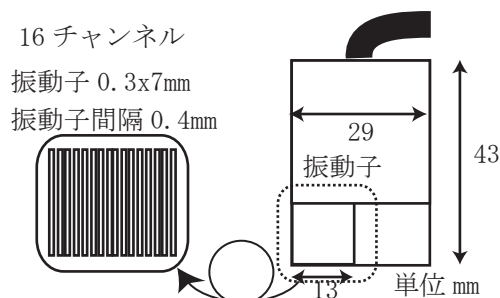


図-1 アレイ探触子

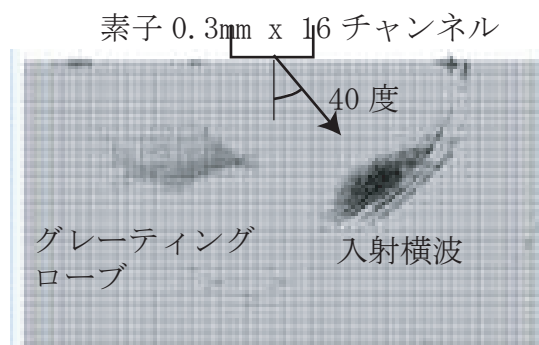


図-2 40度横波入射の数値シミュレーション

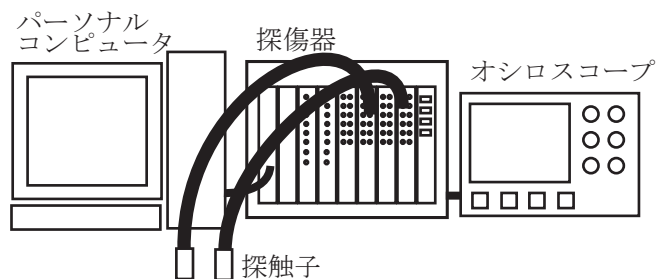


図-3 探傷システム

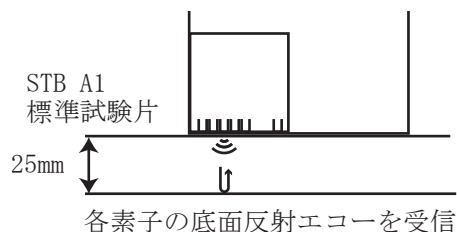


図-4 各素子の波形特性のための実験

ロスコープにデータを送り、そこで表示することができる。

4. アレイ各素子の特性

探触子のアレイ素子の送受信特性を調べるために、各素子からの波形を取得した。図-4に示すように、STB A1試験片底面で反射された波を取得した。垂直入射であるので、この場合の入射波は縦波である。送受信は

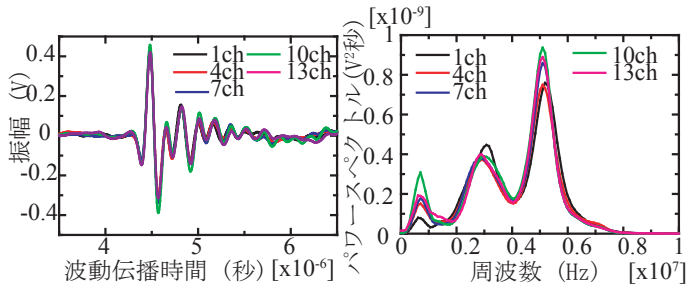


図-5 各素子の波形

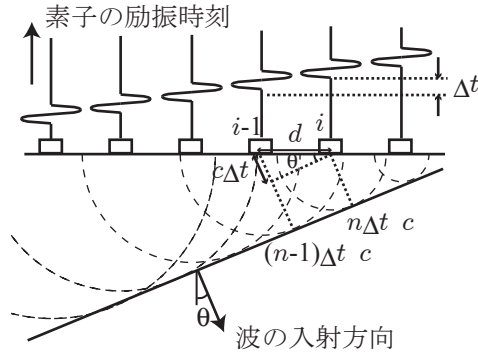


図-6 入射波のステアリング

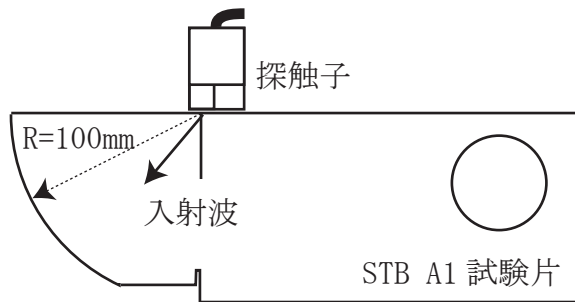


図-7 STB A1 試験片による斜角入射波形の実験

各 16 素子に対して行われた。得られた波形を図-5(a)に、パワースペクトルを図-5(b)に示す。各素子からの波形はおおむね一致していることが確認できた。

周波数は 5MHz にピークがあるが、3MHz 付近にも小さなピークが見られる。これは 4.5μ秒以降の波形成分が大きく寄与している。

5. アレイ探触子のステアリング性能

アレイ探触子の各素子に時間差 Δt を与えることで、入射屈折角度を変化させた。図-6を参照し、次の式を満たすように、時間差をつけることで入射屈折角 θ を変化させることができる。

$$\sin \theta = \frac{c\Delta t}{d} \quad (1)$$

ここに、 c は波速、 d は素子間隔である。

入射屈折角度を 45、65 および 70 度に設定して、波形を取得した。波形は図-7に示すように、STB A1 試験片の $R=100\text{mm}$ からの反射波を取得した。

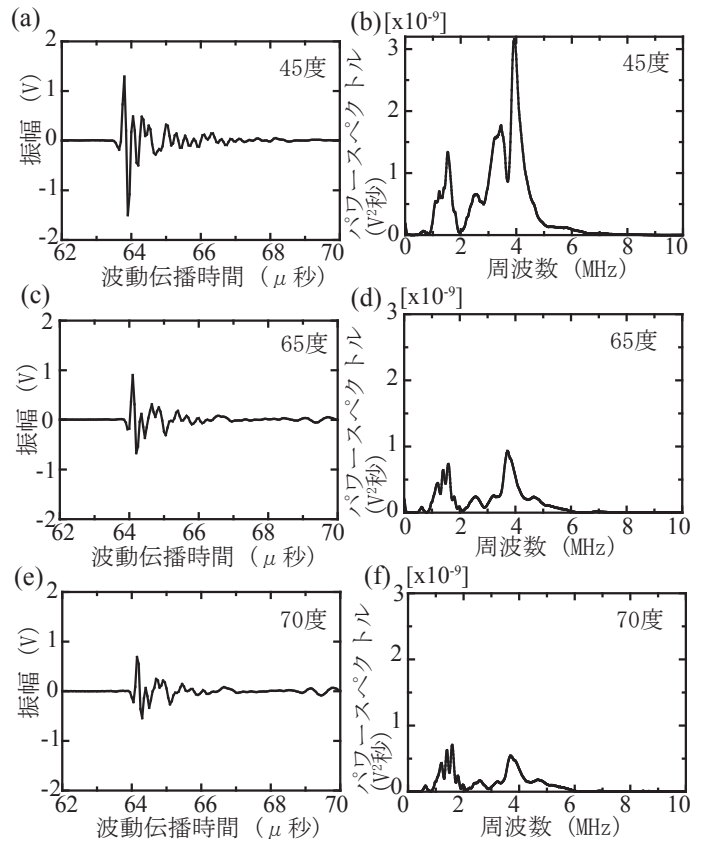


図-8 入射屈折角度を変化させたときの波形

得られた波形およびパワースペクトルを図-8に示す。図-8において、(a)、(b)は45度の場合のそれぞれ波形とパワースペクトルを、(c)および(d)は65度、(e)および(f)は70度の場合を示している。図-8(b)(d)および(f)より、中心周波数は4MHzに下がることがわかる。また、入射屈折角度が大きくなるにつれて、4MHz成分は減少していくことがわかる。

6. まとめ

本研究で得られた結果をここにまとめる。

- ・数値シミュレーション結果をもとに、斜角横波 (SV 波) を入射できるアレイ探触子を作成した。
- ・縦波送信で得られた波形に対し、横波送信で得られた波形は周波数が低くなる傾向を示した。また、入射屈折角度が大きくなるにつれて、感度は低くなった。

ここでは、横穴などの欠陥の画像を示すことはできなかったが、発表日に、示すようにしたいと考えている。

参考文献

- 1) 中畑 和之, 河野 尚幸, 廣瀬 壮一: フェーズドアレイ探触子によるパルス波の音場解析, 土木学会第 61 回年次学術講演会, 1-323, 2006.
- 2) 平林 雅也, 三木 千壽, 田辺 篤史, 白旗 弘実: マルチフェイズドアレイ探触子を用いた高精度超音波探傷試験, 土木学会論文集 A, Vol.64 No.1, pp.71-81, 2008.
- 3) 唐沢 博一, 磯部 英夫, 浜島 隆之: 3次元開口合成 (3D-SAFT) アレイと適用事例, 非破壊検査, Vol.56, No.10, pp.520-524, 2007.