

表面き裂の非破壊評価に関する一考察

岡山大学大学院	学生員	○鍋野博章	岡山大学環境理工学部	正員	廣瀬壮一
(株) ニュージェック	正員	國井仁彦	(株) ニュージェック	正員	浦山克

1. はじめに

現在、非破壊検査による定量的な欠陥検出に関する研究が盛んに行われている。本研究では、表面き裂に関する超音波非破壊評価のための数値解析を行い、考察を行った。

2. 解析方法

図1に示すように、表面き裂を挟んで設置された2個の送・受信探触子のピッチキャッチ法を考える。ここで問題を周波数問題に限定し、送信探触子の接触面Xにおいて時間調和な上下方向の単位表面力が作用したときの、受信探触子の接触面Yにおける上下方向の変位を求める。この場合、超音波が伝播する媒体は弾性体であると仮定でき、問題は動弾性境界値問題となる。自由表面に対して、(1)き裂が垂直に入ったモデル、(2) θ の角度でき裂が入ったモデルについて、境界要素法を用いて解析を行った。

3. 結果と考察

(1) 垂直き裂

図1において角度 θ が 90° で長さ a の垂直き裂を中心にして等間隔 b に送・受信子が設置されているものとする。図2は入力点Xに垂直力が作用したときのY点での垂直方向の変位振幅 $|u_2|$ を縦軸に無次元化波数 ak_T を横軸にとり、様々な b/a の値に対して図示したものである。ただし、 k_T は媒体内を伝播する横波の波数を表す。 b/a が大きくなるにつれて超音波の入出力点はき裂から離れるため、変位振幅は小さくなっているが、 $b/a < 1.1$ の場合に見られる $ak_T = 1.5$ におけるピークの位置はほとんど変化していない。このことからき裂深さ a は以下のように求められる。波数 k_T は $k_T = 2\pi f/c_T$ であるから、検出波形の周波数分析から変位振幅のピーク周波数 f_{peak} を求め、S波の速度 c_T を別の実験により求めておけば、き裂深さ a は $a = 1.5c_T/(2\pi f_{peak})$ により決定される。

周波数解析により求められる変位振幅は一般に複素数となる。図3は図2の場合に対応させて求められた変位の虚数部 $Im(u_2)$ と実数部 $Re(u_2)$ の位相 $\arctan[Im(u_2)/Re(u_2)]$ をプロットしたものである。これより、 b/a が増加するにつれて位相曲線の傾きは大きくなる傾向があるが、各々の b/a については、 ak_T に対してほぼ一定の傾きで位相が増加していくことがわかる。この性質を利用すれば、検出波形の位相の傾きを求めることにより、き裂深さ a を決定することができる。

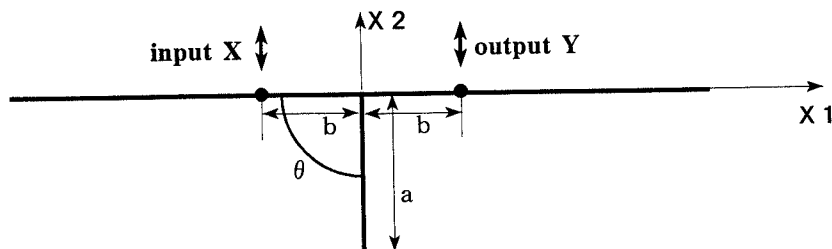


図1 解析モデル

(2) 傾斜き裂

図1に示すように自由表面に対して θ の角度で入っている長さ a のき裂に対して、き裂開口部のごく近傍の自由表面($b \ll a$)で、き裂を挟んで超音波の送・受信を行ったと仮定して、受信位置における変位を求めた。図4は単位垂直力を入力したときの垂直方向の変位振幅 $|u_2|$ を縦軸に無次元化波数 ak_T を横軸にとって図示

したものである。傾きは、 $33.75^\circ \leq \theta \leq 146.25^\circ$ の範囲にあり、傾斜角度 θ を 11.25° 毎に変化させて計11通りの場合について解析を行った。図より、変位振幅は約 $ak_T = \pi$ の周期で極小値をとっていることがわかる。このことからき裂長さ a を決定することができる。

傾斜き裂の角度に関する情報を得るために次のような検査を行ったとする。一度、超音波の送・受信を行った後、送・受信の探触子を交換してもう一度超音波の送・受信の検査を行い、これら2度の検査で得られた波形の周波数成分の比を計算したとする。例えば、き裂が図4上図のaのように傾斜していたとすると、aとa'の2ケースの場合の変位振幅の比を計算することになる。図5は上述のような超音波検査を想定して、図4における対応する2ケースの変位振幅の比を計算し、図示したものである。これより、図4において極小値をとる波数の近傍では変位振幅比は特異な値を示すが、その他の部分では変位振幅比は傾斜角度が大きくなるにつれて単調に減少する傾向にある。従って、実験で得られた2通りの変位振幅の比が求めれば、き裂の傾斜角度を推定することが可能であると考えられる。

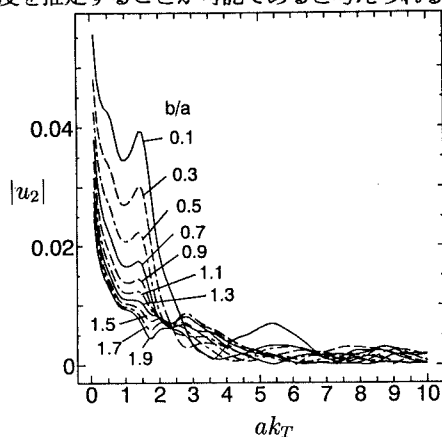


図2 垂直き裂の場合の変位振幅

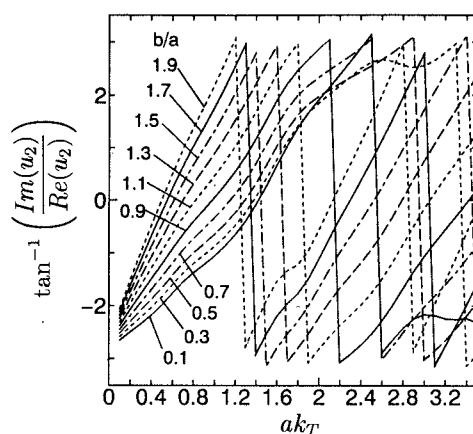


図3 垂直き裂の場合の変位の位相

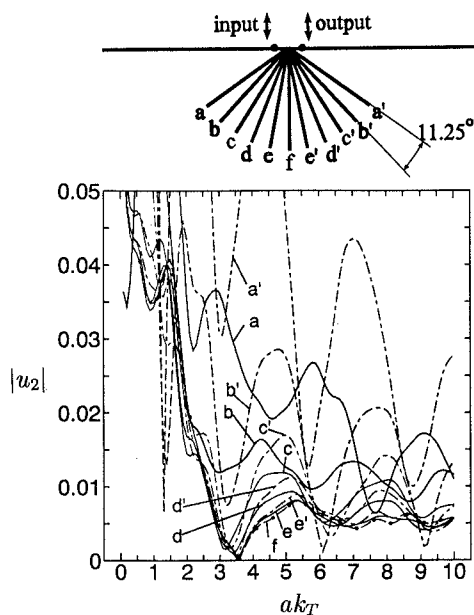


図4 傾斜き裂の場合の変位振幅

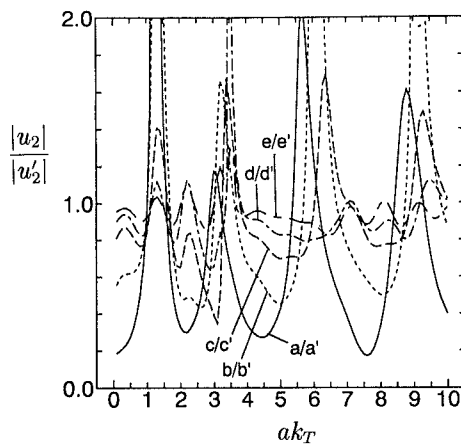


図5 相対する傾斜き裂による散乱変位振幅の比