

(I-5) 表面欠陥をもつ鋼材の二探触子法による超音波非破壊評価

東京工業大学 学生員 白旗 弘実
東京工業大学 山田 敦

1 はじめに

鋼部材の溶接継手に対し、超音波探傷試験の適用が検討されている。突合せ溶接継手に含まれる欠陥のなかで高温割れ、融合不良などの面状欠陥は検出が難しいといわれている。また、これらの欠陥は構造物の維持管理の点からも適切な処理を施さないと重大な影響をもたらす。

これらの欠陥の検出を困難にしている要因として、欠陥が指向性をもっていることがあげられる。ホイヘンスの原理から、ブローホールなどの球状欠陥からはそこを反射源として球面波が発生する。面状欠陥においては欠陥先端部からのみ、散乱波があらゆる方向へと進む端部エコーといわれる無指向性の波が発生する。とくに一探触子法の場合、面状欠陥の検出に端部エコーを受信することで欠陥先端を判別する端部エコー法が適用されるが、端部エコーはきわめて微弱なので見逃す可能性も大きい。

一探触子法だけで欠陥エコーを検出することは難しいが、指向性をもった欠陥エコーを他の探触子で受信できれば、検出はより容易になるかもしれない。本研究では面状欠陥を検出する目的で、まず表面欠陥を対象に一探触子法と二探触子法により基礎的検討を行なった。

2 試験体と実験方法

実験は図-1に示すような試験体を用いて行われた。試験体は厚さ22mmであり、底面にはそれぞれ長さ5mm、1mm、傾き垂直、 10° 、 20° の切り欠きがつけられている。なお切り欠きの幅は0.25mmである。はじめに1探触子を用いてこの試験体に入射角 70° の周波数5MHzの音波を入射させ欠陥エコーが最大となる点を中心に10mm前後を走査させた。試験は水浸法である。その結果を図-2に示す。横軸は最大エコーが得られる点の位置を0とし、そこからの距離を示している。縦軸はエコー高さを示している。この場合、傾き 20° の欠陥からのエコーがもっとも高いがこれは欠陥面と入射波の方向が一致することを考えると、明らかである。

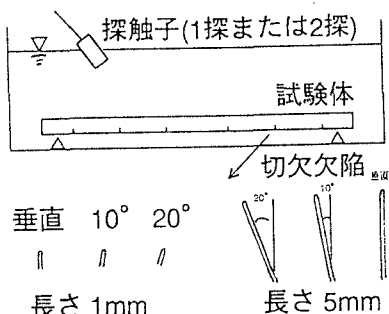


図-1 試験体

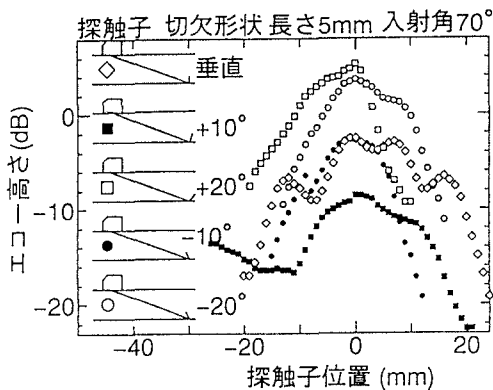


図-2 探触子位置とエコー高さ

3 二探触子法適用のための数値シミュレーション

前節からの結果だけでは欠陥の長さ、傾きなどの情報は明確には得られない。ある長さ、角度をもった欠陥から散乱波がどのような方向へ進むのかを可視化することは探触子をどのあたりを走査させるべきか決定するのに役立つ。有限要素法による弾性波伝播のシミュレーションを行なった。図-3は長さ5mm垂直な欠陥に入射角 70° で音波を入射したときの変位ベクトル図である。この図から欠陥からモード変換した縦波が生じていることがわかる。この波の反射角は反射の法則から 37.8°

である。

この波を検出できれば、欠陥が垂直、もしくはほぼ垂直に近い角度であることがわかる。これを水浸探触子で受信するには 9.0° ほどで走査させればよい。送信探触子で入射角を 70° とし、数値シミュレーションから欠陥エコーが受信されると推定した付近で受信探触子の角度を変化させそのエコー高さを表したのが図-4 である。鋼中でいうと 30° あたりに大きなエコーが得られており、これは縦波の影響であることがわかる。以上より入射角 45° 、一探触子法で大きなエコーが得られ、入射角 70° のときに縦波が検出される場合は垂直な欠陥があると推定される。

図-5 は欠陥角度 10° のときに入射角度 45° の超音波を送信したときの変位ベクトル図である。欠陥が傾いていることやコーナー部が点音源となりうることもあって散乱波が大きな角度をもってすすんでいることがわかる。入射角度を 45° とし、欠陥エコーが得られると予想される位置付近で受信探触子を角度を変化させそのときのエコー高さを示したのが図-6 である。エコーは変位ベクトル図でみたような大きな指向角をもっていることがわかる。

図-7 は長さ 1mm 、垂直な欠陥に入射角 70° で超音波を送信したときの変位ベクトル図である。この図から欠陥で反射された波は非常に弱い。また、長さ 5mm の欠陥の場合とくらべると、欠陥からの波には指向性がなく、欠陥は点音源のようにになっている。図-8 は長さ 1mm の欠陥に入射角 70° の波を送ったとき欠陥があると思われる位置あたりに受信探触子をおき、角度によるエコー高さを示したものである。エコー高さがかなり低く、変位ベクトル図でみたような角度でエコーがすすんでいることがわかる。

4 まとめ

本研究では面状欠陥を検出するために一探触子法だけではなく二探触子法も組み合わせ欠陥エコー特性の基礎的検討を行なった。受信探触子も使い受信角度、位置などを調べることでそれぞれの欠陥に対する反射波の特色をとらえることができた。今後は表面欠陥だけではなく部材表面からは見えない欠陥、溶接ビード内にあるような欠陥に対する実験も行っていきたいと考えている。また今回は欠陥エコーをとることに、より重点をおいたが、これらの反射波をもとに欠陥のより詳細な再構成を試みようと考えている。



図-3 変位ベクトル (入 70° 長 5mm 垂直)

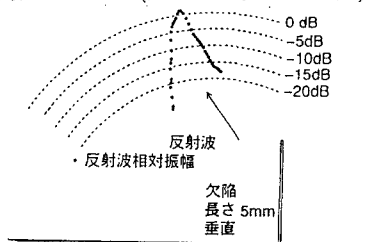


図-4 縦波の指向性 (実験による)



図-5 変位ベクトル (入 45° 長 5mm 傾 10°)

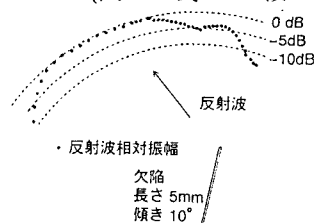


図-6 散乱波の指向性 (実験による)

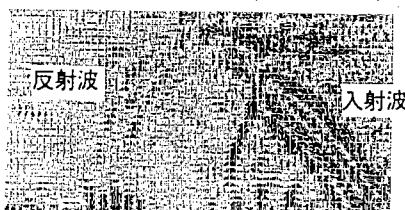


図-7 変位ベクトル (入 70° 長 1mm 垂直)

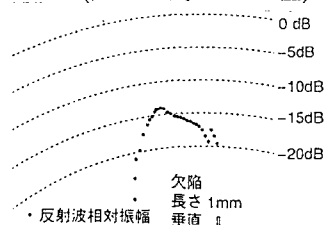


図-8 散乱波の指向性 (実験による)