

I-A232 TOFD法に於ける亀裂と超音波散乱の関係

(株)日本製鋼所

正 員

田中 秀秋

北見工業大学

フェロー

大島 俊之

日鋼検査サービス(株)

萬年 利克

1. まえがき

鋼橋の突き合わせ溶接部の非破壊検査には、これまでの放射線透過試験に変わって超音波探傷が多く適用されるようになり、厚肉溶接部に対しても超音波探傷が適用されている。

超音波探傷は、亀裂状欠陥などの内部欠陥の検出には有効であることから、広範囲に用いられている。しかし、自動超音波探傷における斜角探傷では、内在するきずの高さは図1に示すように検出レベルを超えた反射エコーの検出範囲から求めているのが一般的である。この測定方法では検出されるきずからの反射エコーに、きずの大きさや形状・傾きによる反射特性が含まれているため、正確なきず高さ寸法を求めることは容易ではない。また、端部ピークエコーを用いたきず高さ測定方法もあるが自動化しにくい事と、きず性状によっては端部ピークエコーが得られない場合がある。

本研究では、きずの高さ寸法を精度良く検出できる方法として注目されている超音波映像方法であるTOFD法を適用するために、その基本特性として亀裂先端での超音波散乱について実験したので、その結果を報告する。

2. 亀裂と亀裂先端での超音波散乱波の関係

TOFD法では、通常の斜角探傷とは異なり、探触子2個を探傷する部位を跨いで配置し一方の探触子から超音波を送信し、反対側の探触子にてきずの上端・下端での散乱波を検出する手法である。このため、これまでの超音波探傷で主に用いていたきずの大きさ・形状・傾きと反射エコー高さの関係はここでは用いることはできない。TOFD法では反射波も検出されるが検出の目的とするエコーは、きずでの散乱波である。

このため、ここでは亀裂の開口量と亀裂上端・下端の散乱波エコー高さの測定、及び、亀裂を傾けたときの上端・下端の散乱波エコー高さの測定を行った。

2.1 試験片形状

試験片は亀裂先端までの距離を一定とすることと、亀裂に対してあらゆる方向からの超音波の入射を行うために、図2に示すように外周面を亀裂先端を中心とした円形とした。この円形の周囲は探触子の接触安定のためと、探傷方向を正確にするため、10°毎の平面加工を行い36面体とし、この中央に疲労亀裂を入れた。探傷感度の基準とするため、図2と同一外周形状でその中心にφ1.6mmの横穴を加工した試験片も作成した。疲労亀裂の開口量の測定は、V溝先端の疲労亀裂に引張りと圧縮の応力を加え、その開口量を変化させ亀裂を顕微鏡にて測定を行った。

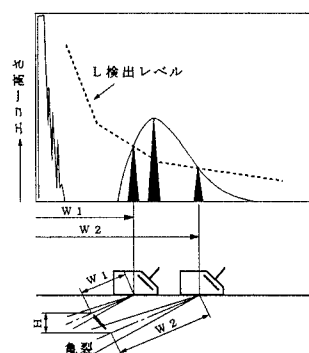


図1 亀裂高さ測定方法

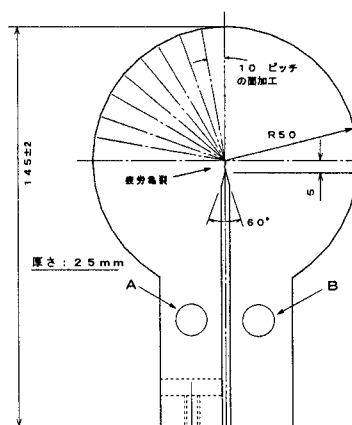


図2 疲労亀裂を内在させた試験片の形状

キーワード : 非破壊検査、超音波探傷、橋梁、溶接部

連絡先 : 051 室蘭市茶津町4番地 (株)日本製鋼所 室蘭製作所 品質管理部 検査課

2. 2 超音波の入射方向と散乱波のエコー高さ

TOFD探傷時のきずに対する入射角と検出されるエコーの関係进行调查するため、亀裂に対し超音波の入射角を左右同一とし、 $35^{\circ} \sim 75^{\circ}$ とした場合の亀裂先端の上端エコー及び下端エコーの高さを測定した。感度の基準は、同じ入射角における $\phi 1.6\text{mm}$ 横穴からの反射エコーを基準の0dBとした。この試験における亀裂の開口量は $0.5\mu\text{m}$ と一定とし、探傷に使用した探触子は周波数5MHzで振動子径は $\phi 6\text{mm}$ である。その結果、図3に示すように入射角が狭い場合は上端エコー・下端エコーとも低くなっているが、入射角が大きくなると散乱波も高くなってくる。下端エコーと上端エコーの比較では下端エコーの方が3~5dB高く検出される。

欠陥が傾いていることを想定し、超音波の入射角を片側 45° に固定し、他方を $35^{\circ} \sim 75^{\circ}$ に変化させた測定結果を図4に示す。この図に示すように、図3と同様に送受信角が狭いところでは上端エコー・下端エコーとも低く、角度が広がると高くなって来ている。これは、欠陥が傾くと散乱エコーも低下する事を示しており、また、上端エコーよりも下端エコーで著しく低下していることが判明した。

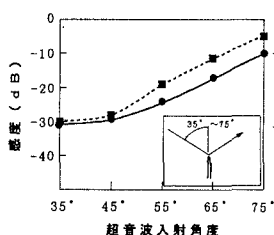
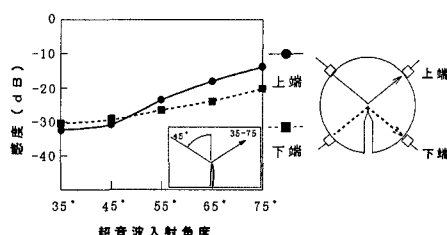
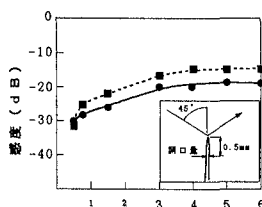
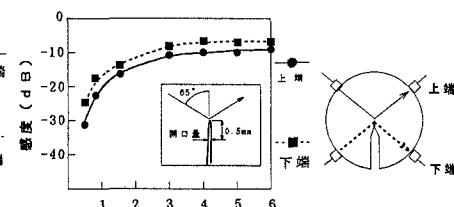


図3 入射角を左右同角の場合

図4 片側 45° に固定し他を変化させた場合

2. 3 亀裂開口量と散乱波エコー高さ

超音波の入射角を 45° とし、亀裂先端から 0.5mm の位置に於ける開口量を $0.5 \sim 6\mu\text{m}$ としたときの上下端での散乱エコー高さは、図5に示すように上端エコーよりも下端エコーの方が高く現れる。亀裂開口量が $1\mu\text{m}$ 以下になると急激に散乱エコーの高さが低下し、亀裂開口量が $4\mu\text{m}$ 以上になると散乱エコーの高さが一定となっている。また、図6に超音波の入射角を 65° とした場合の亀裂での散乱エコー高さを示すが、この場合も同様に、亀裂開口量が $1\mu\text{m}$ 以下になると急激に散乱エコーの高さが低下し、亀裂開口量が $4\mu\text{m}$ 以上になると散乱エコーの高さが一定となっている。これは、亀裂開口量が $1\mu\text{m}$ 以下では亀裂面が密着し、ほとんどの超音波は亀裂を通過するため散乱波の発生が抑制されるためと考えられる。亀裂開口量が $1\mu\text{m} \sim 4\mu\text{m}$ の範囲では亀裂面が弾性的接触しているため、一部の超音波が亀裂を通過し、その程度は弾性接触の状況で変化すると考えられる。亀裂開口量が $4\mu\text{m}$ 以上の亀裂面ではほとんどの弾性接触がなくなり、その影響を受けないため散乱エコーの高さが一定となる。

図5 入射角 45° のエコー高さ図6 入射角 65° のエコー高さ

3. まとめ

通常の超音波探傷のAスコープ表示に対し、直感性のあるDスコープで表示するTOFD法は亀裂検出ときず高さ測定に有効であり、溶接部に対する自動超音波探傷の信頼性向上に寄与できると考えられる。今回の実験によって、亀裂先端での散乱波の特性が得られたので、これらの結果を用い特に厚肉の溶接部へのTOFD法の適用について、今後とも実験・検討を行っていく予定である。