

I-400

超音波による疲労亀裂開閉口レベルの板厚方向分布の観察

東京工業大学 正員 三木 千寿 法政大学 正員 森 猛
 橋梁検査センター 正員 加藤 昌彦 関西エックス線 正員 大睦 久雄

1. はじめに 疲労亀裂の開閉口は進展挙動を理解する上で重要な役割を果たす。その観察方法は各種試みられているが、従来コンプライアンス法で観察された開閉口が試験体全体の平均的なレベルを示すと考えられ、有効応力拡大係数範囲の導出等に用いられている。しかし、開閉口現象に対して支配的な因子である塑性域の広がり板厚方向に分布しているにも関わらず、開閉口の板厚方向での変化は測定が困難なためほとんど検討されていない。ここではビーム径の小さい探傷子を用いた斜角超音波によりその観察を試みた。

2. 試験方法 試験には図1に示すように板厚12mmと26mmの2種類の試験体を用いている。供試鋼材はSM58である。図2に超音波斜角法による疲労亀裂先端の板厚方向の探触の状況を示す。板厚12mmの試験体では $1/2t$, $3/4t$, t の3点、板厚26mmの試験体では $1/2t$, $5/8t$, $3/4t$, $7/8t$, t の5点をビームの中心として荷重を変化させたときのエコーレベルの変化から疲労亀裂の開閉口を観察する。

実験には5MHzのノーマルミニチュアタイプ（AEROTECH GAMMA, $\phi 1/4$ インチ）の超音波斜角用探触子（45度）を使用した。表1にこの探触子による深さに伴う超音波ビームの広がり示す。これは、横穴試験片を用いて測定したものである。この表よりエコーはねらい位置を中心として、その周辺のかなり広い部分の音響特性を拾うことがわかる。疲労亀裂の開閉口は試験体中央の変位により検出されるコンプライアンスの変化からも観察を行っている。亀裂開口点レベルを測定する際の疲労試験条件を表2に示す。

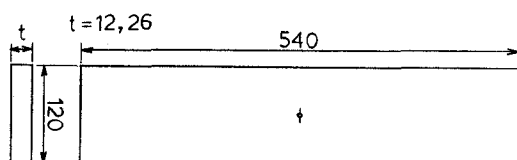


図1 試験体の形状・寸法

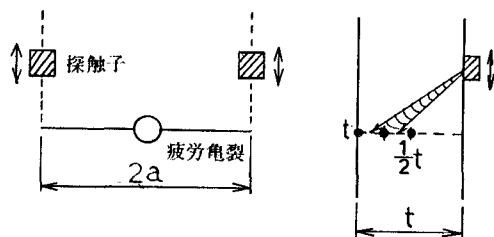


図2 探触子の位置

表1 超音波の広がり

単位 mm

深さ位置	前後方向	左右方向
5	3.1	2.5
14	7.2	5.0

表2 疲労試験条件

試験番号	試験体	亀裂長さ a (mm)	応力比	応力拡大係数範囲 (MPa $\sqrt{m}$)	進展速度 (mm/cycle)	開口比*
1	t=12mm	19.9	0	11.9	5.4×10^{-6}	0.28
2	t=12mm	20.7	0.35	12.1	1.6×10^{-5}	— **
3	t=12mm	27.4	0	6.1	0	0.75
4	t=26mm	14.8	0	15.5	1.9×10^{-5}	0.18

* ヨシダライアンス法による亀裂開口比 (K_{OP}/K_{max})
 ** ヨシダライアンス法による亀裂開口点の観察がなかった

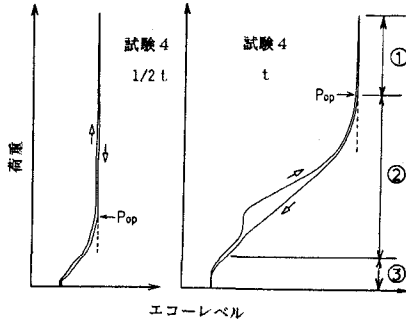


図3 荷重とエコーレベルの関係

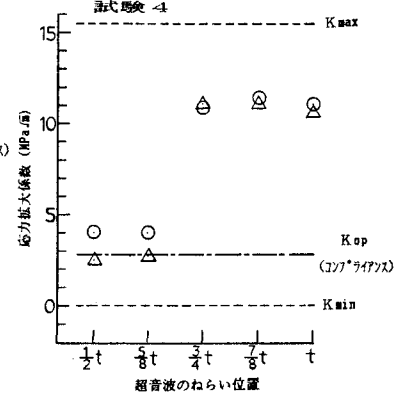
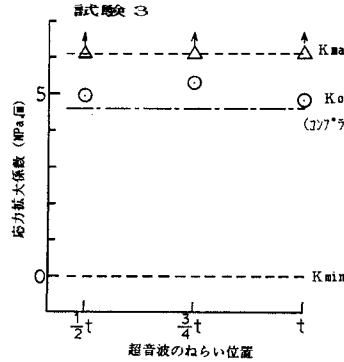
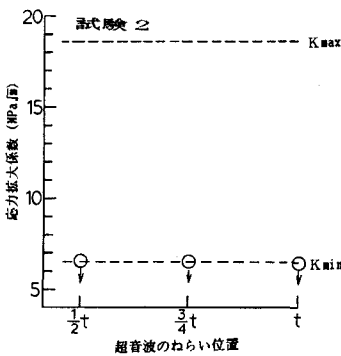
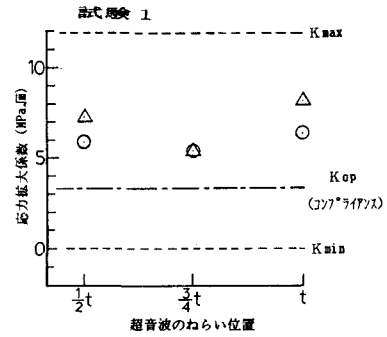


図4 亀裂開口点

3. 試験結果 図3に超音波法により求めた荷重-エコーレベル関係の例を示す。試験4・ねらい位置 t の図より判断して、荷重-エコーレベル関係は同図に示すように3つの領域に分けることができると考えられる。領域①は亀裂が完全に開いた状態であり、そのためエコーレベルは荷重の大きさにほぼ一定となっている。領域②では、超音波ビームの当たっている部分で亀裂が徐々に閉じ始め、荷重の減少に伴いエコーレベルが低下している。さらに荷重が低くなると亀裂は完全に閉じ、エコーレベルの変化は小さくなっている(領域③)。このような現象を考慮し、亀裂の開閉口点を図3に示すように定義した。なお、亀裂の開閉口点と閉口点はほぼ一致するため両者は区別しないこととした。

図4に亀裂開口点の測定結果を示す。試験1、3、4では亀裂の両縁で開閉口レベルの測定を行っており、それによりマークを変えている。試験2では応力比を0.35と高くしており、亀裂の開閉口現象は観察されなかった。また、コンプライアンス法によっても開閉口現象は認められなかった。板厚12mmの試験体を用いた試験1と3では、板厚方向の亀裂開口点の変化はほとんどなく、また開口点はコンプライアンス法によって求めた開口点に比べ高い。一方、板厚26mmの試験体を用いた試験4の場合、 $1/2t$ および $7/8t$ での開口点はコンプライアンス法によるものとはほぼ一致しており、それらに比べ $3/4t$ 、 $7/8t$ 、 t での開口点は非常に高くなっている。表1に示した超音波ビームの広がり方を考えると、板厚12mmの試験体ではねらい位置を板厚中心($1/2t$)としても表面の影響を受けると予想され、そのため高い開口点が測定されるとともに開口点の板厚方向の明確な変化が測定されなかったと考えられる。これに対して、板厚26mmの試験体の $1/2t$ および $5/8t$ では表面の影響をさほど受けず、板内部と表面で開口点の顕著な差が測定されたものと思われる。

4. おわりに 一般に板内部での亀裂開口点は板表面に比べて低くなると言われているが、このことを超音波斜角法により確認した。