

東京工業大学	学生員	豊田幸宏
東京工業大学	正員	三木千寿
キャノン販売（株）		宮本公男
ホロソテック（株）		梅田晶一

1. はじめに

実際の橋梁に発生した疲労亀裂の検出に適用できる非破壊検査方法としては、超音波探傷法が可能性が高いといわれている¹⁾。しかしながら超音波の疲労亀裂に対する特性は今までほとんど調べられていない。そこで本研究では超音波の垂直エコー、コーナーエコー、端部ピークエコーの疲労亀裂に対する特性および亀裂先端の応力状態の違いによってエコー高さがどのように変化するかを実験的に検討を行なった。

2. 試験体及び試験方法

垂直エコーの検出については、図1に示すごとくCCT試験片（板厚12.5mm）の上端面に垂直探触子（周波数 5MHz）を設置し、最大荷重状態で得られるエコー高さが除荷に伴いどのように変化するかを調べた。探触子は超音波ビームの中心が亀裂先端近傍になるように設置した。超音波による亀裂の検出の他、コンプライアンス法により亀裂の開口点も測定した。

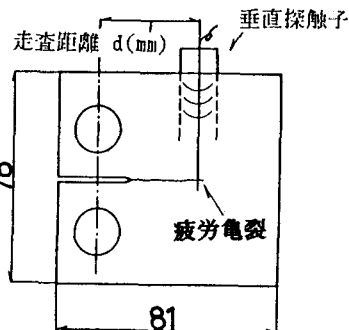
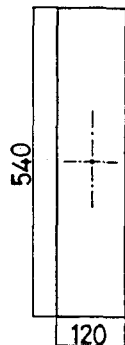


図1 垂直エコーの検出

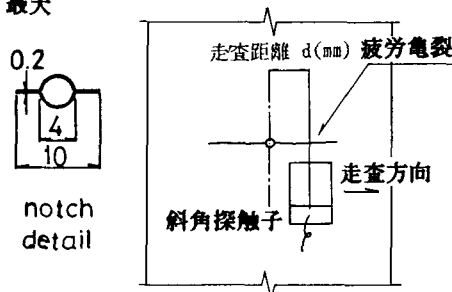


図2 コーナーエコーの検出

コーナーエコーの検出では、図2に示すごとくCCT試験体（板厚12mm）の表面に斜角探触子（屈折角45度、60度）を設置し、亀裂前縁に向かって走査してエコー高さがどのようになるかを調べた。測定は、最大荷重時、無負荷時について行なった。さらに 6dBドロップ法を用い亀裂寸法の推定を行ない、実測値との比較を行なった。

端部ピークエコーの検出では、CCT試験体に対し、垂直探触子（周波数 5MHz）と斜角探触子（屈折角45度）を用いて検出状況の相違を調べた。なお、各測定結果におけるエコー高さは標準試験片から得られるエコー高さを基準とする相対エコー高さを使用した。

3. 試験結果

図3に荷重レベルと垂直エコーの関係を示す。最

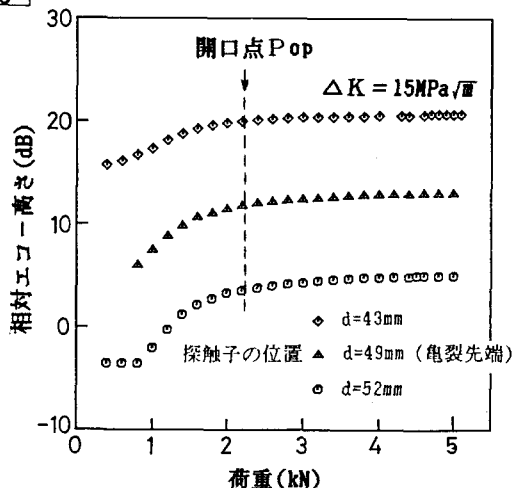


図3 荷重とエコー高さの関係

大荷重から亀裂開口点までエコー高さはほとんど変化しないが、開口点を過ぎると低下の程度が著しくなる。このようなエコー高さの変化の傾向は疲労亀裂特有のものである。エコー高さは、疲労亀裂の先端が開いている状態では20dBで検出できている。また閉じている亀裂に対しても垂直エコーが検出できることがわかった。

図4にコーナーエコーの検出結果を示す。相対エコー高さは、屈折角60度の探触子は45度のものより疲労亀裂が開いている状態では6dB程、閉じている状態では10dB程高い。エコー高さの変化の様子は両探触子ともにほぼ同様な傾向を示している。グラフ中には各探触子、荷重状態についてエコー高さがピークより6dBドロップした点を示されているが、6dBドロップ法によって求めた亀裂寸法推定値は、実測値とよく一致していることがわかる。

図5は屈折角45度の斜角探触子による端部ピークエコーの検出状況である。この図は亀裂が切欠き先端より4mm進展した時のものである。今回の実験では亀裂が切欠きより1mm程度進展しないと端部ピークエコーの検出は困難であった。垂直探触子を使用して亀裂を探傷した場合、疲労亀裂面と超音波の入射方向が平行になるため亀裂端部のエコーを検出しにくい。また、端部ピークエコーは、亀裂が完全に閉じてしまうと検出できなくなることがあるということが確認された。

4. まとめ

本研究で得られた結論を以下に示す。

- i) 垂直エコーの検出では、疲労亀裂の先端が開いていれば強いエコーが得られる。また、荷重を最大荷重から除荷していくにつれてエコー高さは特徴的な変化曲線を描く。
- ii) ある程度進展した疲労亀裂に対しては亀裂が完全に閉じた状態でも垂直エコー、コーナーエコーともに検出できる。しかし、端部ピークエコーは検出できないことがある。
- iii) 6dBドロップ法によって疲労亀裂寸法が正確に測定できる。

参考文献

- 1) Fisher, J.W., Hausamann, H., Sullivan, M.D., and Pense, A.W.: Detection and Repair of Fatigue Damage in Welded Highway Bridges, NCHRP Report 206 June 1979

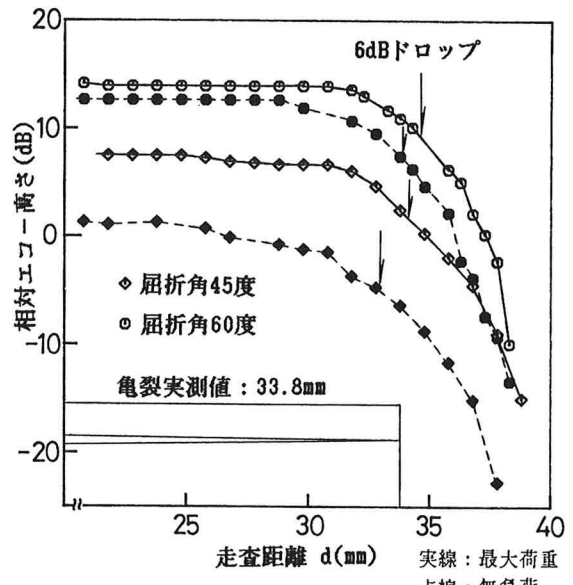
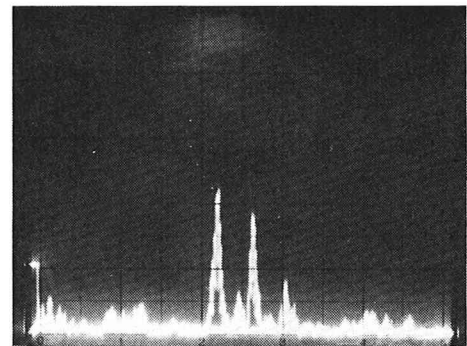


図4 走査グラフ



CRT画面

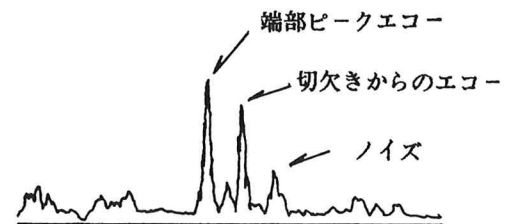


図5 端部ピークエコーの検出状況（斜角探触子）