

破壊の芽をさぐる

～橋梁デッキプレートに進展するき裂の超音波探傷による早期検出法～

An Ultrasonic Inspection to Detect the Crack in the Deck Plate

江崎 正浩
Masahiro EZAKI

川田工業(株)橋梁事業部保全技術課課長

岩田 祥史
Yoshifumi IWATA

川田工業(株)橋梁事業部保全技術課

交通荷重を直接受ける橋梁デッキプレートは疲労き裂の早期発見が重要ですが、トラフリブ内部から発生しデッキ方向に進展するタイプのもの(図1)は直接見ることができません。このき裂の検出には超音波探傷法が用いられますが、従来の方法ではき裂の初期段階(2mm以下)での検出はかなり困難というのが現状です。

今回開発した超音波探傷法では、き裂からの反射波の強さ(エコー)とき裂深さの相関関係を利用することで初期き裂の検出を可能にしました。

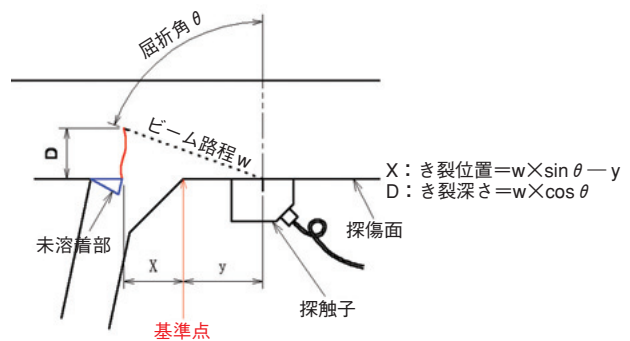


図2 超音波探傷の原理

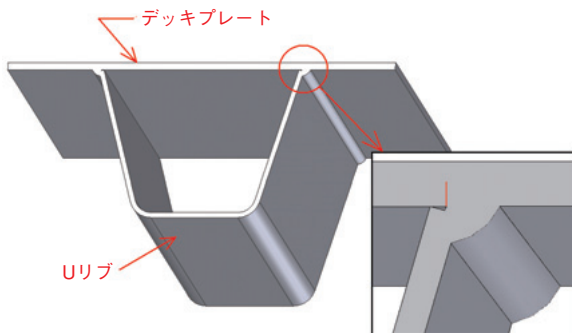


図1 検査対象き裂

従来の超音波探傷の考え方

超音波は広がらず直進する性質があり、超音波探傷法はこれを利用したものです。すなわち、発信源から反射源までのビーム路程を線で表現し、幾何学的計算でき裂の先端位置を推定します(図2)。しかしながら、き裂深さDが極めて短い場合、従来法では以下の理由から検出困難となります。

- ・屈折角が90°に近くなるため表面波が発生し、き裂からの反射エコー受信が妨害される。
- ・近傍に未溶着部等の反射源がある場合、判別が難しい。

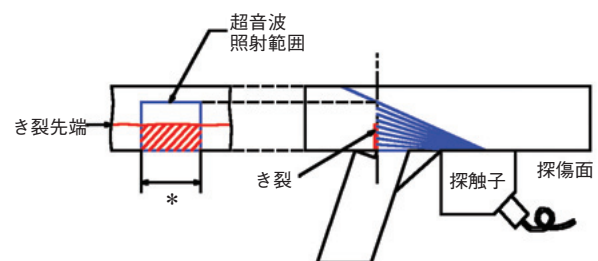
開発探傷法

a) 概要

面状の反射源から返ってくる超音波は反射源の面積に比例して強くなることが知られています。一方、橋梁デッキプレートに発生する疲労き裂は以下のような特徴があります。

- ・発生起点は探傷面(溶接未溶着部)。
- ・デッキプレート板厚(超音波ビームを横断する)方向に進展する。
- ・疲労き裂なので、連続した面状である。

開発探傷法では超音波の特性およびき裂の特徴を利用し、ビーム中心でき裂先端をとらえる従来法に替わり、反射エコー高さからき裂深さを評価します(図3)。



*探触子によって送信超音波ビームの幅(き裂長さ方向)は決まっている。したがって反射面の面積はき裂深さに比例する。

図3 開発探傷法の原理

b) 探傷法の特徴

開発探傷法では超音波ビーム中心で反射源をとらえないので受信超音波が弱く、そのためさまざまな工夫を凝らしています。

・分割型探触子の使用

探触子内部の反射超音波によるノイズを排除するため、送信子と受信子が分割された探触子を用いています。

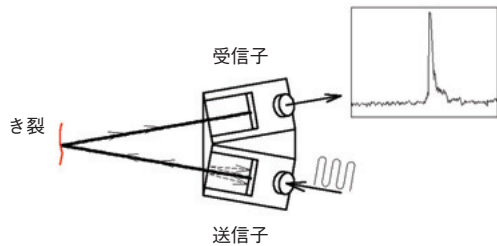


図4 分割型探触子の構成

・屈折角

屈折角を大きくし、より強い反射エコーが得られるようにしています。また、表面波を減衰するために探触子前面に吸音材を配置しています。

・探傷用治具

エコー高さは伝播距離によって変化するので、き裂～受信子距離を一定にする必要があります。手探傷に替えて図5のような探触子保持治具を用い探触子～き裂距離を常に一定に保ちます。

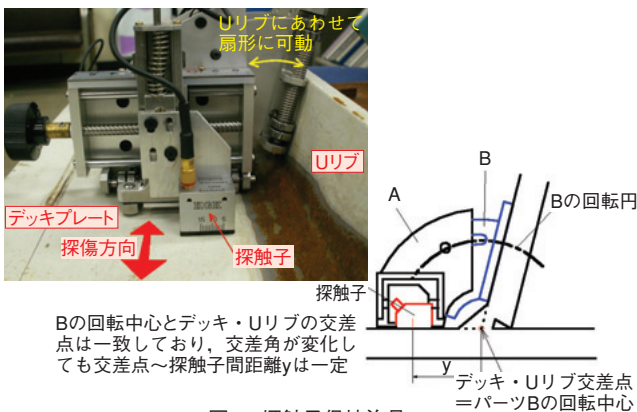


図5 探触子保持治具

疲労き裂試験体を用いた実験結果

実際にき裂深さと超音波エコーの関係はどのようなになっているのか、実橋梁を想定した試験体に疲労き裂を発生させて確認実験を行いました。最初に開発探傷法で試験体溶接線の探傷を行って、反射エコー高さを記録しておき、その後試験体をき裂の箇所まで2つに割って破面観察を行いました。そして実際のき裂深さと超音波探傷で得られた反射エコーのデータを比較しました。

図6にUリブ板厚6 mm、探触子の屈折角78°のデータを示します。

き裂深さと反射エコー高さは、き裂深さが5 mm辺り

までは比例していて、反射面積の増大に伴いエコー高さが高くなるという超音波の特性を裏付けています。また、き裂深さが5 mm以上ではエコー高さの変化がなくなりますが、これはき裂上端が超音波ビームの上端を越えて反射面積が増加しないためと考えられます。

図6のデータに関しては、エコー高さ-12 dBをしきい値とすると深さが2 mm以上のき裂を約90%の率でとらえています。Uリブ板厚や屈折角によりばらつきやしきい値に若干の差がありますが、今回の実験全般で約80%の確率で2 mm以上のき裂をとらえています。

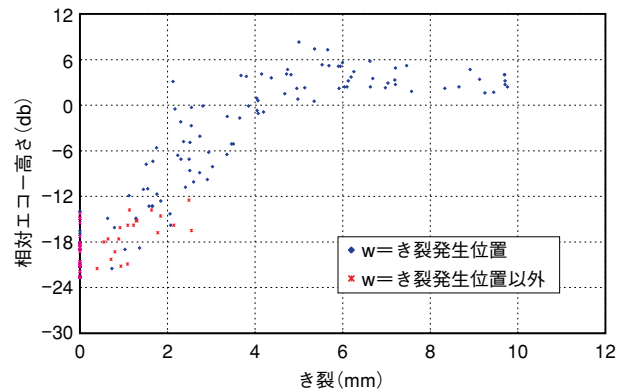


図6 き裂深さと反射エコー高さの関係（試験結果）

実橋梁への適用に際しては若干の補正が必要ですが、このデータを用いることで、同様の溶接継手に対してかなり高い確率で2 mm程度の初期き裂を検出することが可能と考えられます。

き裂判定上の注意

一方、-12 dB以下でも2 mmを越えているき裂や、-12 dB以上であっても2 mmに満たないき裂も存在します。こういった、「とりこぼし」や「空振り」を少なくして検出率を向上するために、以下の対策が必要です。

・反射エコーの位置から判定

一般的に疲労き裂は連続しており、また擬似エコーの発生源はある程度予測ができます。したがってエコー高さのみでなく探傷画面上のエコー位置からき裂か否かの判定を行う必要があります。

・屈折角の変更，他の探傷法を併用

探傷屈折角を変えたり，従来の斜角探傷法を用い，総合的にき裂の評価を行う必要があります。

まとめ

今回の実験で、従来法に比べ初期き裂がかなりの確率で検出可能であることがわかりました。また、治具を用いることで探触子位置が安定し、探傷作業が正確かつ迅速にできるようになり、作業効率の向上が期待できると考えられます。