

鋼床版デッキ・Uリブ溶接部に発生するき裂に対する 開口合成フェーズドアレイ法の検出精度

首都高速道路技術センター 正会員 ○平山 繁幸 村野 益巳
東芝検査ソリューションズ 正会員 唐沢 博一 児玉 智也
東京都市大学 正会員 白旗 弘実
首都高速道路 永井 政伸

1. はじめに：大型車交通量の多い路線の鋼床版橋梁において、デッキプレートとUリブの溶接部から発生するデッキ進展き裂とビード進展き裂が問題となっている(図-1)。特にデッキ進展き裂は、デッキプレートを貫通し、進展すると路面が陥没して車両事故が生じるおそれがある。これらのき裂は、Uリブ内面から発生・進展し、目視で発見することができないため、き裂を検出する方法としては、非破壊検査、特に超音波探傷試験が有効である。本稿では、デッキ進展き裂とビード進展き裂の両方を検出するために新たに開発した開口合成フェーズドアレイ法(鋼床版 Matrixeye™)のき裂検出精度について報告する。

2. 探傷システムの概要：本装置は、深さ2mm程度の浅いき裂を検出するために、フェーズドアレイ技術で超音波を送信し、複数の伝播経路からの受信波に対して開口合成処理を適用したものである。フェーズドアレイ技術は、探触子の中に複数の振動子(本装置の場合は32個)を直線状に配列し、それぞれの振動子からの超音波の発信タイミングを制御することによって1つの合成波として発信する。合成波の入射角を33°から87°の範囲で3°間隔で変化させることによって、探触子を前後操作することなく広範囲の探傷が可能となる(図-2)。き裂などの欠陥で反射した超音波は、32個の振動子で受信され、開口合成処理によって画像化する。このとき、直接反射された超音波だけでなく、底面反射を介して他の経路から返ってきた超音波にも開口合成処理を適用することによって、き裂をより鮮明に画像化することができる。例として、デッキ進展き裂の探傷画像を図-3に示す。従来の超音波探傷ではき裂の先端のみが現れていたが、本装置ではき裂全体の形状を可視化することができ、熟練技術者でなくともき裂の有無および深さの判定が可能となる。

本装置の構成を図-4に示す。装置は、自走式の専用スキャナ、探傷装置、コントローラで構成される。デッキ進展き裂の探傷とビード進展き裂の探傷は別々に行う。デッキ進展き裂の探傷は探触子を側面に装着したスキャナをデッキプレートに、ビード進展き裂の探傷はスキャナをUリブに設置し、調査対象の溶接線に

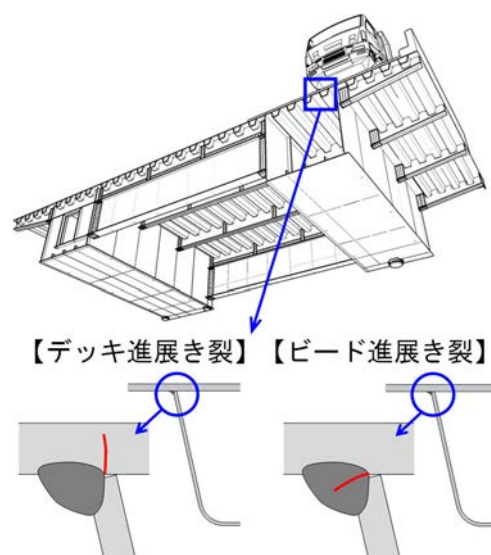


図-1 鋼床版に発生するき裂

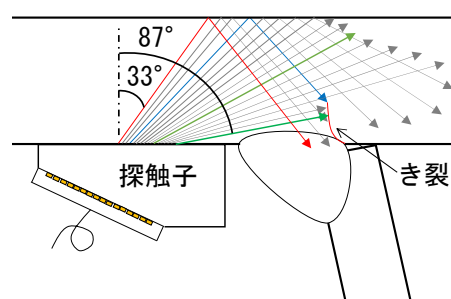


図-2 超音波の送信

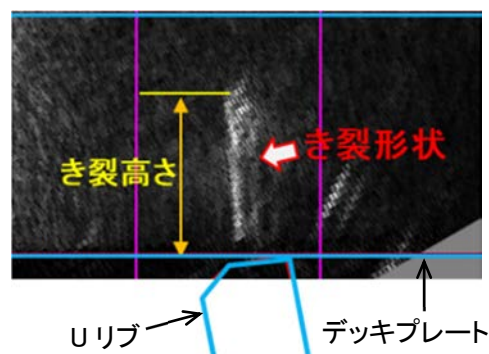


図-3 探傷画像の例

キーワード：鋼床版, 超音波探傷, フェーズドアレイ技術, 開口合成処理

連絡先：(一財)首都高速道路技術センター 〒105-0001 港区虎ノ門 3-10-11 TEL:03-3578-5772

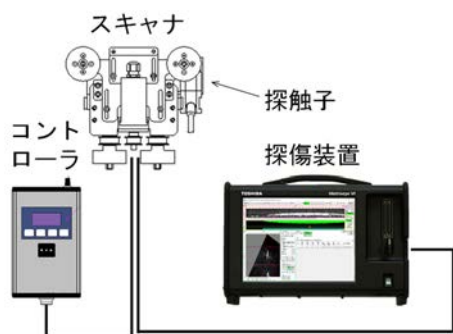


図-4 装置の構成



図-5 スキャナの設置方法

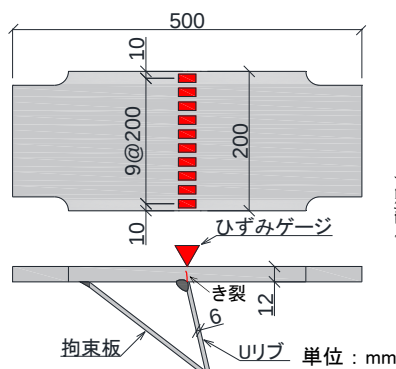


図-6 試験体の形状

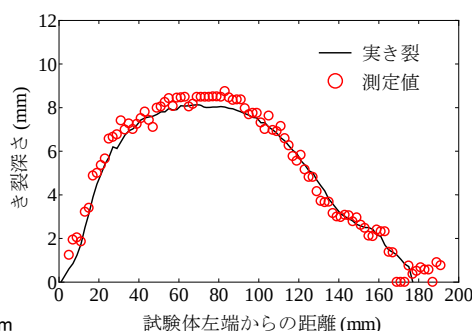


図-7 き裂形状の比較

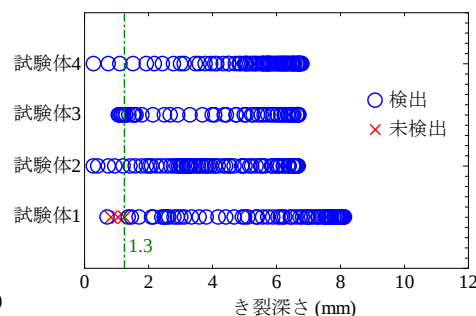


図-8 検出限界き裂深さ

沿って移動することによって連続的に実施する（図-5）。探触子で収集された探傷データは、探傷装置に送られてリアルタイムに画像化・データ保存が行われる。

3. き裂検出精度の検証方法：本装置のき裂検出精度を検証するために、疲労き裂を導入した試験体（デッキ進展き裂4体、ビード進展き裂4体）を製作し、き裂調査を行った。検出精度の検証は、デッキ進展き裂、ビード進展き裂の両方で行ったが、本稿ではデッキ進展き裂の結果を示す。試験体の形状は図-6に示す通りである。製作した試験体に繰返し荷重を与え、デッキ進展き裂を導入した。载荷方法は、既往の実験¹⁾を参考に3点曲げ载荷とした。目標としたき裂深さは8mmである。き裂深さは、図-6に示す位置に設置したひずみゲージで管理した。

4. 検証結果：疲労き裂を導入した試験体に対して本装置を用いてき裂調査を行った後、試験体を液体窒素で冷却し、ハンマーで打撃することで疲労破面を露出した。デジタルマイクロスコープを使って、露出した疲労破面のき裂深さを2mm間隔で測定した。本装置によって得られたき裂深さと実き裂深さを比較した結果の一例を図-7に示す。図に示すき裂深さは、デッキプレート下面からき裂先端までの垂直距離である。試験体両端の20mmの範囲を除けば、測定したき裂深さと実き裂深さはよく一致している。この傾向は、他の試験体でも同様であった。試験体両端から20mmの範囲で測定値が実き裂深さと一致しないのは、これらの範囲では探触子が試験体上に完全に載っておらず、入射波が安定しないためである。

試験体のき裂深さに対する検出の可否を整理した結果を図-8に示す。なお、試験体の両端から20mm以内のデータは除外している。検出できなかった最大のき裂深さは1.3mmであった。

5. まとめ：本稿では、鋼床版き裂を浅い段階で検出するために、底面反射エコーによる画像化機能向上を行った開口合成フェーズドアレイ装置を開発し、き裂検出精度を検証した。その結果、複数経路からの反射波を考慮した開口合成の寄与により、き裂の形状を探傷画像として再現することができた。また、デッキ進展き裂に対しては、深さ1.3mm以上のき裂を検出できることを確認した。

参考文献：1)村越ら：臨界屈折角近傍に調整した超音波探触子による鋼床版デッキ進展き裂の探傷法の検討，土木学会論文集，2012。