

マルチフェーズドアレイ探触子を用いた鋼床版疲労き裂検出システムの構築

東京都市大学 正会員 白旗弘実
東京都市大学 フェロー 三木千壽

1. はじめに

鋼床版の疲労損傷が問題となっている。鋼床版は薄い板を溶接して製作するので、変形が生じやすく、応力集中箇所が発生しやすいことが原因の一つと考えられている¹⁾。鋼床版のデッキプレートとUリブとの溶接部はもっとも長い溶接の一つであることや、輪荷重がほぼ直接載ることから、疲労き裂を検出することは非常に重要である。Uリブは閉断面であり、き裂発生箇所はルート部であるので、目視は困難である。非破壊検査を適用せざるを得ないのが現状である。

本研究は非破壊検査の中でも超音波探傷適用を検討する。近年、フェーズドアレイ超音波探傷システムが使用されてきているが、Uリブに発生するき裂を検出するためのシステムとするには、さらに検討が必要である。本研究はフェーズドアレイ探傷システムを鋼床版疲労き裂検出に適したシステムを構築することを目指としている。

フェーズドアレイ探傷システムのプロトタイプを構築した。人工的に製作したスリットを有する試験体で探傷実験を行ったので、その結果を報告する。

2. フェーズドアレイ超音波探傷システム

フェーズドアレイ超音波探触子(センサ)は、0.1mmオーダーの圧電素子を密に多数並べた構造となっている。各素子の励振時間をずらすことにより、入射波の集束や入射角変更が可能である。フェーズドアレイ超音波探傷器はナノ秒オーダーの時間のコントロール性能が要求される。

開発した探傷システムを図-1に示す。システムは探傷器、探触子、スキャナおよびパソコンより構成される。スキャナにはエンコーダが取り付けられており、一定の間隔で波形を取ることができる。

鋼床版は薄い板で構成されており、反射源が非常に多いことや初期き裂を早く検出することから、探触子をデッキプレートおよびリブプレートに配置することが重要と考えた。入射波の操作特性を考慮すると、素子数が多いほうが好ましい。そこで、探傷器は64チャ

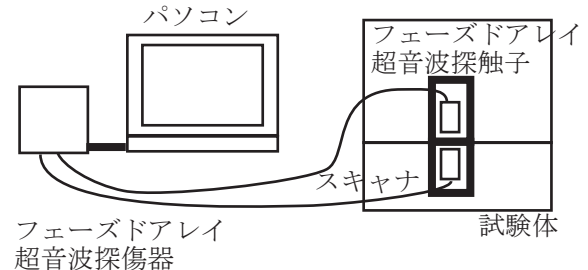


図-1 フェーズドアレイ超音波探傷システム

ンネルの探触子2個を操作できる仕様、つまり128チャンネルを扱える仕様となっている。

パソコンは波形データを保存したり、入射波操作設定をしたりするために使用される。データ保存には、集束、入射可変角を設定した探傷のほか、1素子ごとに励振して1素子ごとに受信する設定も可能である。システムが線形であれば、1素子ごとの送受信パターンを時間および波形(振幅)を重ね合わせて、集束および可変角を再現することが可能である。これをフルマトリクスキャプチャと呼んでいる²⁾。

3. 探傷実験

探傷実験を行った。試験体は2種類を用意した。それらを図-2に示す。図-2(a)はデッキ進展き裂を模擬したものとなっている。図-2(b)はビード進展き裂を模擬したものとなっている。それぞれの試験体は、放電加工によりスリットが入っている。どちらの試験体にも4種類のスリットがあり、深さ d は約1mmから7mmとなっている。

実験では、スリットのある箇所およびない箇所において、波形を取得した。スリットはいずれの試験体も

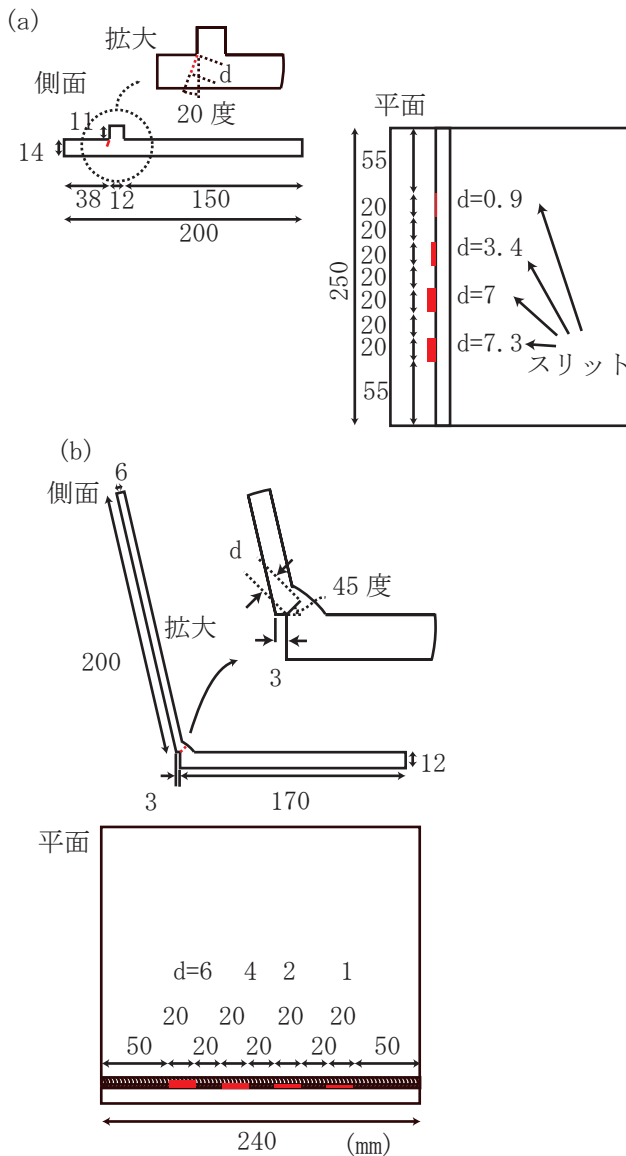


図-2 試験体 (a) デッキ進展き裂タイプ, (b) ビード進展き裂タイプ

もっとも大きいものを対象とした。波形は1素子ごとを励振, 受信する方法で取得した。

4. 開口合成による画像化

超音波探傷では, 入射超音波が反射源で反射され探触子にもどってきたものが受信され, 波形として現れることになる。1素子のみを励振する場合, 入射波は指向性が非常に弱く, あらゆる方向へ入射していく。受信波は探触子内の素子と反射源の距離の情報をもっている。反射源が試験体中にある場合, 受信波を反射源距離を考慮しながら重ね合わせることで, 反射源位置を推定することができるようになる。これが開口合成法の原理である³⁾。

開口合成法により, 試験体のスリットの像を再構成した。結果を図-3に示す。図-3(a)はデッキ進展き裂を模擬した試験体での結果, 図-3(b)はビード進展き裂

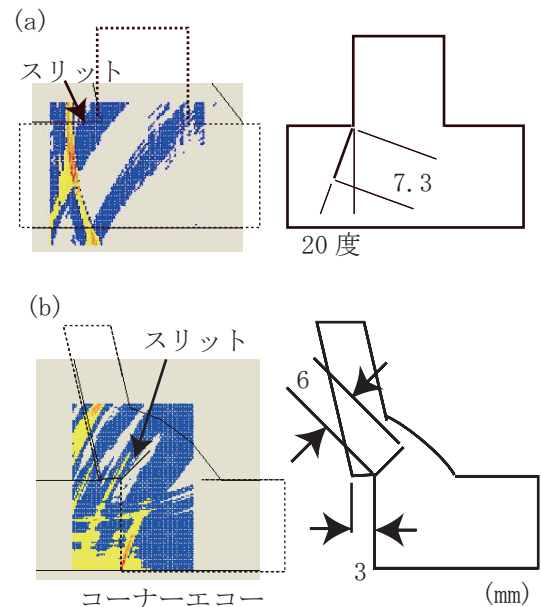


図-3 開口合成によるスリット再構成像

を模擬した試験体の結果である。

図-3(a)では, スリットに沿った位置に像が得られている。スリットの無い部分にも像が現れているが, 底面での多重反射によるものである。スリット先端と思われる箇所では像が最大となっている。図-3(b)では, コーナー部からのエコーが多く, 強い像が得られているが, ビード内のスリットがあると思われる位置での像も得られている。ビード内の像はリブに配置した探触子で受振された波形によるところが大きかった。

5. まとめ

フェーズドアレイ探傷システムを開発し, スリットを有する試験体で実験を行った。開口合成による画像化プログラムを構築した。スリットと思われる位置での像を得ることができた。

今後はプログラムの拡張を行い, たとえば集束させたときの波形の重ね合わせをできるようにする予定である。また, 疲労試験を行い, 実際の疲労き裂に対しても実験を行う予定である。

謝辞

本研究は国土交通省 建設技術研究開発助成制度 政策課題解決型技術開発の補助を受けました。また, 試験体は三菱日立パワーシステムズ検査のご厚意によるものです。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本道路協会：鋼橋の疲労, 1997.
- 2) Drinkwater, B.D and Wilcox, P.D. : Ultrasonic arrays for non-destructive evaluation: A review, NDT & International Vol.39, pp.525-541, 2006.
- 3) 平林雅也, 三木千壽, 田辺篤史, 白旗 弘実: マルチフェーズドアレイ探触子を用いた高精度超音波探傷試験, 土木学会論文集 A, Vol.64 No.1, pp.71-81, 2008.