

フェイズドアレイ探傷法による縦ビード継手の溶接欠陥検出に関する検討

東海旅客鉄道株式会社 正会員 鍛冶 秀樹

1. はじめに

縦ビード継手はプレートガーダを構成する主桁、縦桁、横桁すべての主要部材に用いられている最も重要な溶接継手である。縦ビード継手から発生した疲労亀裂は、フランジを桁直角方向に進展し、同時にウェブに進展し桁を破断する。そのためプレートガーダで最も危険な亀裂の一つである。縦ビード継手の疲労強度はブローホールの存在により低下するとされている¹⁾。そのため、正確にブローホールの大きさ、分布状況を検出できれば、主要部材の状態を把握することが可能となり、縦ビード継手の補強対策の要否の判定、位置の特定が可能となる。ブローホールの調査技術としては、非破壊検査手法である超音波自動探傷装置による調査方法がある。一方、プレートガーダ内の縦ビードはその継手形状から、ブローホールを高精度に検出することは難しいのが現状である。さらに、ルートギャップの影響が大きいと考えられているためである。フェイズドアレイは振動子を連続状に並べ各々の振動子を独立に制御することができ、振動子にて音波を電子的に制御し自在に焦点を作成することができる、振動子にて受信した信号の位相を電子的に制御し大きな信号を出力することが可能である。1個の探触子をオペレーターが前後にスキャンして検査領域をカバーしていた従来の手動超音波検査技術と比較して検出精度が高い²⁾と考えられている。今回、フェイズドアレイを用いた縦ビード継手の隅肉溶接における超音波探傷の検出精度について実験により確認したので報告する。

2. 精度確認実験

2-1 供試体

フランジ (200×200×15) とウェブ (100×200×9) を 6mm の隅肉溶接により接合した供試体を 2 体製作した。フランジ表面をグラインダー処理し、無機ジンクリッチプライマーを幅 30mm の範囲に、厚さ 60 μ m 塗布した後、サブマージアーク溶接とすることで、人為的にブローホールを導入してある。図-1 に製作した供試体の概要を示す。ブローホールを導入した箇所を赤丸で示した。

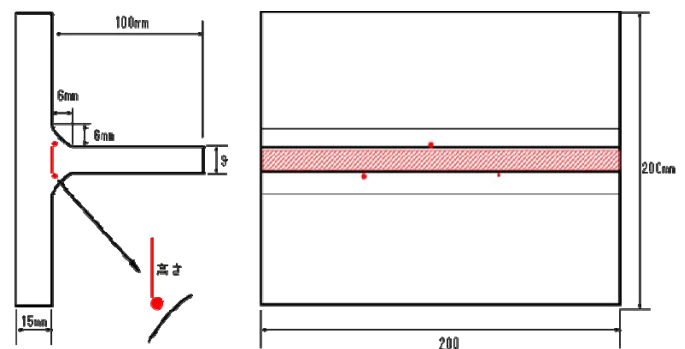


図-1 供試体概

2-2 実験方法

本実験で使用したフェイズドアレイ超音波システム (OmniScan MX: オリンパス製) を図-2 に示す。探触子の位置と超音波の入射方向について、ウェブプレート側、フランジ側などを施行した結果、図-3 に示す方法が最も精度よくブローホールを検出可能と判明した。事前にブローホールの位置を確認した上で、フェイズドアレイによりブローホールの位置、大きさの確認を行った。設定はフォーカスデプスを 9mm、振り角度を 50° ~ 75° ,



図-2 フェイズドアレイ超音波システム

探傷感度はRB-41No.1(JIZ Z 3060)の $\phi 3\text{ mm}$ 基準穴のエコー高さを80%に調整したのちにゲインを12 dB(4倍)高めた。図-4に探傷結果画像を示す。十字のガイド線の交差位置にブローホールを検出できている。放射線探傷およびフェイズドアレイによりブローホールが検出された位置を割裂し断面マクロ試験(図-5)により欠陥の大きさを計測し検出精度を評価した。

3. 実験結果

各試験方法によるブローホールサイズの検出精度の比較を図-6、7にそれぞれ示す。断面マクロ試験に比べてフェイズドアレイ法はブローホールの大きさを過大に評価していることが分かる。断面マクロ試験の10倍以上の大きさに検出する箇所もあった。ブローホールの大きさを過大に評価する傾向はあるものの、ブローホールの検出の有無に関しては正確な結果が得られた。

5. まとめ

今回用いたフェイズドアレイ法ではブローホールの正確な大きさを判別するのは困難であり精度面で難点はあるが、ブローホール位置の特定は概ね可能であることを確認した。

今回の測定では時間の影響を無視し、また、試験体にブローホールが存在することをあらかじめ確認した後に測定を実施した。したがって実用化にあたっては、今後はより精度良くブローホールの検出を行えるような技術に加え「計測時間の短縮」、ブローホールの正確な形状を確認できる技術の開発や評価方法の検討が必要と考えている。

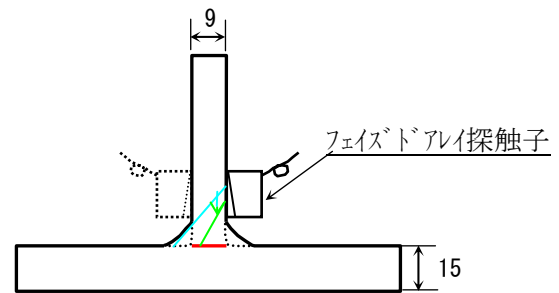


図-3 フェイズドアレイ法(ウェブプレート)

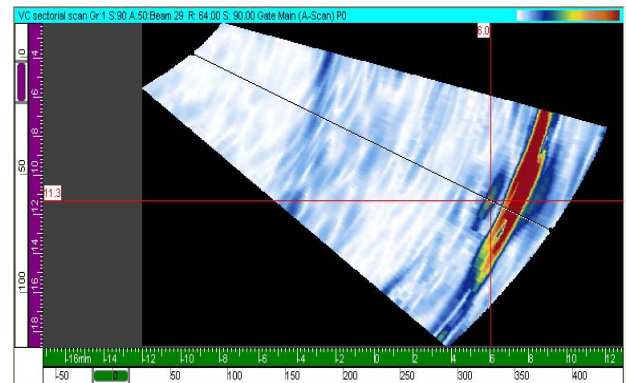


図-4 フェイズドアレイ探傷画像

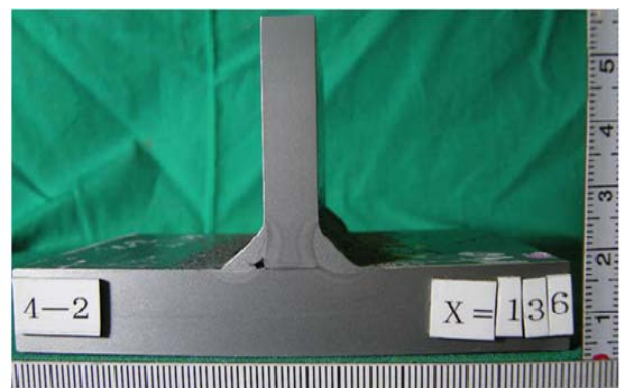


図-5 断面マクロ試験状況

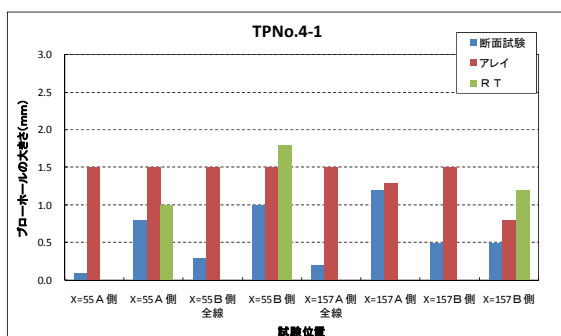


図-6 試験結果の比較

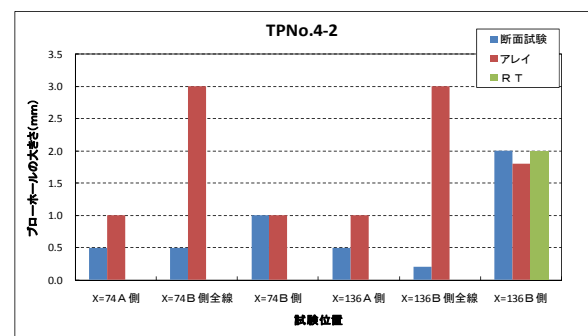


図-7 試験結果の比較

参考文献

- 1) 三木千壽、森猛、坂本謙二、佐々木利視：縦方向溶接部のルートブローホールからの疲労き裂進展解析，構造工学論文集 Vol.32A
- 2) 平林雅也、三木千壽、田辺篤史、白旗弘実：マルチフェイ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.64No.1, 71-81, 2008. 1