

ステンレス鋼配管超音波探傷技術 Ultrasonic Testing Technique for Stainless Steel Pipe

三菱重工業株式会社	増本	光一郎	Koichiro MASUMOTO	Non-Member
三菱重工業株式会社	斉藤	徹哉	Tetsuya SAITO	Non-Member
三菱重工業株式会社	松浦	貴之	Takayuki MATSUURA	Non-Member
三菱重工業株式会社	黒川	正秋	Masaaki KUROKAWA	Member
三菱重工業株式会社	川浪	精一	Seiichi KAWANAMI	Non-Member

Abstract In the nuclear power plants, the reservation of safety and before-it-happens prevention of a trouble are important themes. Moreover, in connection with the life extension of a plant, life-expectancy diagnosis has also been an important subject. Although it is technology required in order that a non-destructive test may secure the safety of a power generation plant, Ultrasonic Testing (UT) is applied.

However, generally the welding of stainless steel piping used widely in the PWR type nuclear power plant has the low permeability of an ultrasonic wave. And moreover, application of UT to the complex part is difficult.

On the other hand, high detectability and sizing of the defect attract the attention from the point of the crack progress evaluation.

In this report, it introduces about the Phased Array UT technology in which has the high detectability and sizing of stainless steel piping.

Keywords: Ultrasonic Testing, Welding, Stainless Steel, Phased Array UT technology
E-mail: Koichiro_masumoto@mhi.co.jp

1. 緒言

原子力発電所を始めとした各種発電プラントにおいて安全性の確保及びトラブルの未然防止は重要なテーマである。また、プラントの寿命延長に伴い、構成部位の余寿命診断も重要な課題となっている。非破壊検査は発電プラントの安全性を確保するために必要な技術であるが、その一つとして超音波探傷（以下 UT: Ultrasonic Testing）が適用されている。しかしながら、PWR 型原子力プラントで広く利用されているステンレス鋼配管の溶接部は一般的に超音波の透過性が低く、また複雑な形状をした部位への適用が難しい。一方、亀裂進展評価から割れ等欠陥の検出性向上とサイジングが注目されている。

本報では、弊社にて適用しているステンレス鋼配管の検出性及びサイジングを目指したフェーズドアレイ UT 技術について紹介する。

2. 検査手法

ステンレス鋼配管では超音波の透過性及び形状の複雑化により UT 探傷不可範囲の低減及

びサイジング技術の向上の課題がある。

2.1 UT 探傷不可範囲の低減

形状が単純な部位では十分な欠陥検出性や欠陥定量性が得られているが、UT プロブの走査が困難な複雑な形状をした部位の検査は難しい。そこで、超音波を任意の角度へ発生させたり、任意の位置へ収束させたりすることが可能なフェーズドアレイ UT プロブの小型化を検討し、複雑形状部においても超音波ビームスキヤニングにより検査範囲をカバーし、探傷を可能にした。Fig.1 にプロブ走査が困難なノズル部からの探傷状況と結果（B-Scope）を示す。

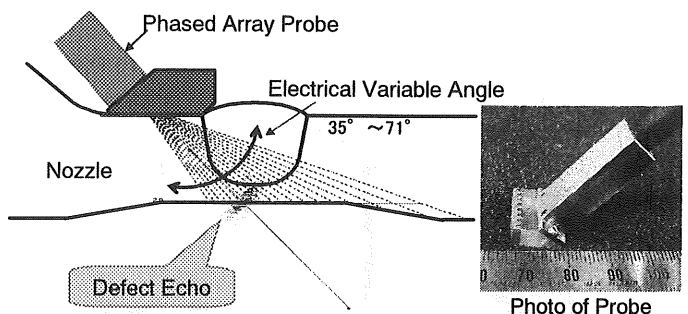


Fig. 1 Result of mock-up test using Phased Array UT

2.2 サイジング技術の向上

検出された欠陥は亀裂進展評価のためにサイジングする必要がある。サイジング手法として、割れ端部による回折波を検出する TOFD(Time of Flight Diffraction)法及び端部エコー法がある。ここでは、回折波検出性の向上を目的にフェーズドアレイ UT を用いた TOFD 法を開発した。

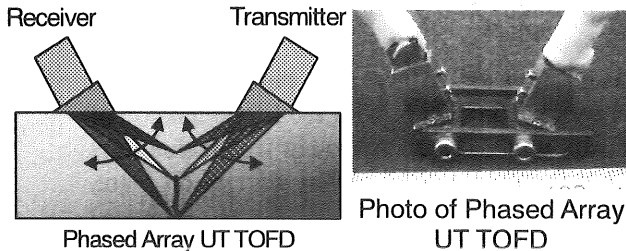


Fig. 2 Result of Phased Array UT TOFD

3. フェーズドアレイを用いたこれからの UT 技術^[1]

フェーズドアレイ UT によって従来技術で困難な箇所の探傷やサイジングの高精度化が可能となるが、更なる高度化を目指して、マトリックスフェーズドアレイと点集束型リニアアレイを開発した。

3.1 マトリックスフェーズドアレイ

一般のフェーズドアレイは振動子を一次元配列した構造であるが、マトリックスフェーズドアレイは二次元に配列した構造とし、超音波ビームの 3 次元スキャンニングが可能となる^[2]。開発したプローブの概観図を Fig. 3 に示す。

3 次元スキャンニングによる点集束が可能となり欠陥の検出性向上が期待できる上に、走査方向と斜めの欠陥の検出性向上も期待できる。

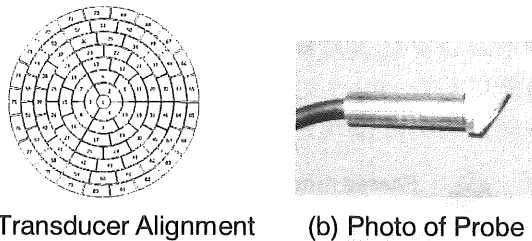


Fig. 3 Matrix Phased Array UT Probe

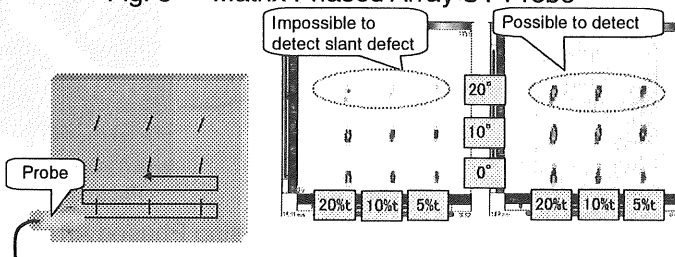


Fig. 4 Result of Matrix Phased Array UT

開発したマトリックスアレイにより試験片での斜め欠陥（人工）の検出性試験を行った。試験結果を Fig.4 に示す。試験結果から通常のリニアアレイでは欠陥の傾きが 20 度では検出できなかったことに対して、マトリックスアレイでは明瞭に検出できていることがわかる。

3.2 点集束型アレイ

マトリックスアレイは検出性が向上したが、振動子数が非常に多いため、データ処理も複雑化し、探傷器・解析装置も高価になる。そこで、深さ方向の焦点位置が可変で、かつ振動子数が少ない点集束型のリニアアレイを開発した。この点集束型プローブで溶接金属中欠陥のサイジング精度向上を検証した。Fig.5 に点集束型アレイの原理及び検出例を示す。試験は端部エコー法を適用した。実深さ 3.5mm（板厚 10%）に対して評価深さ 3.9mm となり、高い精度でサイジングができた。

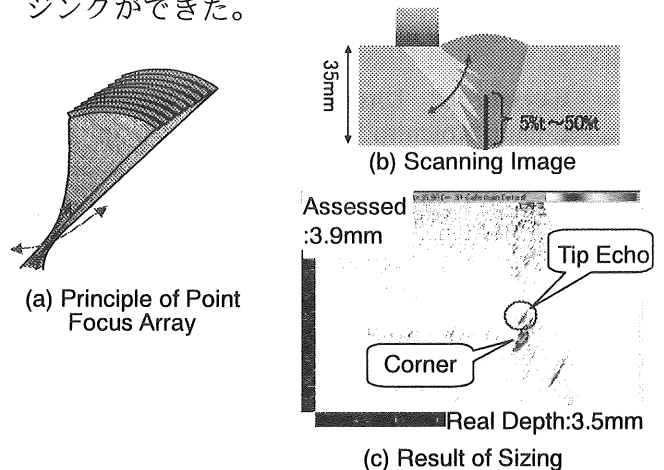


Fig. 5 Point Focus Phased Array UT

4. 結言

ステンレス鋼配管検査の高度化を目的に、フェーズドアレイ UT を用いた 4 種の手法を開発した。これら手法にて、これまでの UT では検査困難な部位の検査や、検出性及びサイジングの向上が可能となった。今後、安心・安全な社会の実現に向け、本技術を展開していく。

参考文献

- [1] 川浪精一ほか, “非破壊検査の信頼性向上を可能にしたフェーズドアレイ UT 技術”, 三菱重工技報, p18~19
- [2] A. Birks, et al., “Non Destructive Testing Handbook, second edition, v7, Part3: Test with closely positioned transducer”, ASNT publication