

シュラウドサポート用遠隔駆動装置の開発

Development of Delivery System for Shroud Support in BWR Plant

株式会社	東芝	安達	弘幸	Hiroyuki ADACHI	Non-Member
株式会社	東芝	湯口	康弘	Yasuhiro YUGUCHI	Non-Member
株式会社	東芝	島村	光明	Mitsuaki SHIMAMURA	Non-Member
株式会社	東芝	前原	剛	Takeshi MAEHARA	Non-Member

Stress Corrosion Cracking (SCC) on reactor internal components has become one of the most important issues in recent years, and demand for the inspection of reactor internals is increasing. Especially, SCC has detected in shroud support recently so inspection technology for shroud support has to be developed as soon as possible. We have developed delivery system for shroud support in BWR plant which is available for Visual Testing and Ultrasonic Testing. The specification and positioning capability of the delivery system is reported in this paper.

Keywords: In-vessel Inspection, Reactor Internals, Shroud support, Remotely Operated Vehicle, Visual Test, Ultrasonic Test.

E-mail: hiroyuki2.adachi@toshiba.co.jp

1. 緒言

近年、原子力発電プラントの炉内構造物に対して、応力腐食割れ (SCC) の発生が報告され、炉内構造物の点検の必要性が高まっている。

原子力圧力容器内には、シュラウドなどの炉内構造物が存在するため、複雑かつ狭隘な空間が多い。そのため、目視検査 (VT) を行うためのテレビカメラや超音波探傷試験 (UT) を行うための UT プローブを点検対象部位に接近、位置決めすることは困難である。東芝は上記課題を克服する小型、汎用かつ広範囲に炉内構造物にアクセスできる炉内検査装置 (ビークル) の開発と実機に適用し、Table 1 および Fig. 1 に示す検査能力を確立した [1] ~ [9]。

一部のプラントのシュラウドサポートはインコネル 600 およびインコネル 182 で構成されているために SCC 感受性があり、国内外で損傷事例が確認されており、VT および UT の必要性が高まっている。本構造物に対する VT は技術を確立し、既に実機に適用されている。一方、UT については点検対象部位へのアクセスは可能であったが、UT に要求される動作性能を満足するビークルは開発されていない。そこで、東芝ではシュラウドサポートの UT および VT に適用可能なビークルを開発したので、本稿で紹介する。

Table 1 Capability of In-Vessel Inspection

Internals	VT	Cleaning	UT*
Shroud	◎	◎	◎
Shroud Support	◎	◎	○
Jet Pump	◎	◎	○
Core Spray	◎	◎	○
CRD Stub Tube	◎	◎	◎

◎:Applied, ○:Developed, *:Accessibility

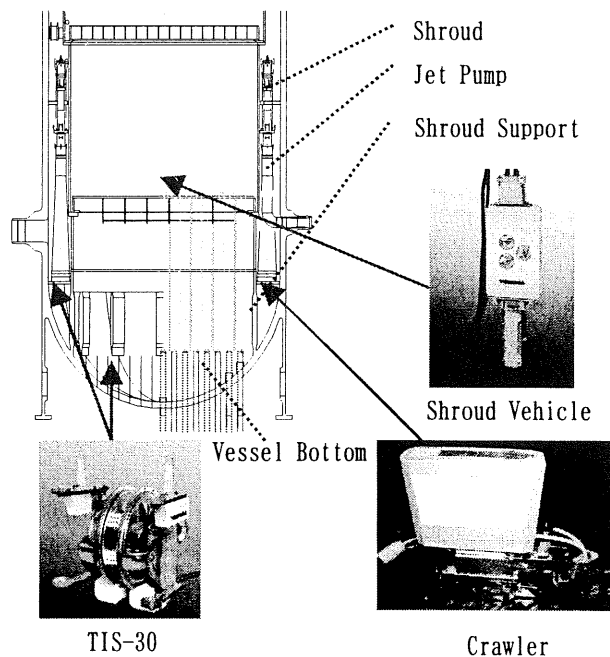


Fig. 1 ROV Line-up

2. シュラウドサポート用遠隔駆動装置

2.1 目的/用途

シュラウドサポート用遠隔駆動装置は、シュラウドサポートの H8 および H9 溶接部 (Fig. 2 参照) を対象として、短時間で広範囲の検査ができるよう開発された [10]。本装置の目的は、各種の作業装置 (目視検査、超音波探傷試験) を選択的に搭載して炉内の狭隘な対象部位へ接近し、作業ツールの搬送、位置決め、保持、探傷を行うことである。

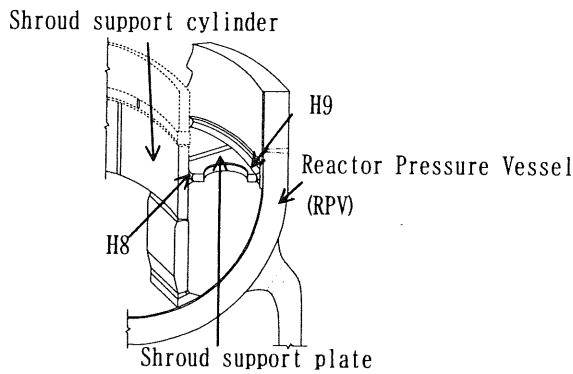


Fig. 2 Shroud support

2.2 構成及び機能

本装置は、目標部位へのアクセス性と走行精度を向上するために遊泳機能と壁面走行機能を併せ持たせている。Fig. 3 に本装置の外観を、Table 2 に本装置の仕様を示す。

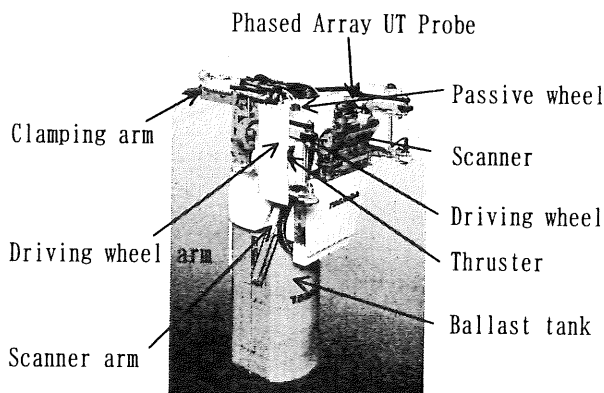


Fig. 3 Delivery System for Shroud Support

Table 2 Specifications of Delivery System for Shroud Support

Dimensions	W 520mm x H 830mm x T 630mm*1
Mass	35kg (in air)
Motion	Submerge: Back / Forward, Left / Right turn, Up / down Wheel drive: Horizontal
Speed	0.6-20 mm/s

*1: Maximum

(1) 遊泳機能

本装置は、バラストタンク内に空気あるいは水を注入することによって浮力を調整し、浮上/潜航を行う。また、スラスターの回転方向等を調整することにより、前後進および旋回の各方向に遊泳できる。水中の高放射線環境下で使用できるように、主要な構成部品を耐水性および耐放射線性に優れたエンジニアリングプラスチック等で構成している。さらに、遊泳を容易にするために、重量の軽量化を図り、水中重量と浮力をほぼ等しく (以下、中性浮力化という) できる構成としている。また、上部にフロートを配置することにより、浮心が重心より上に位置付けられて、上下の姿勢が常に一定に保たれる。

また、上部格子板や炉心支持板などの狭隘部を通過するために、固定アームおよび駆動車輪アームは収納可能とした (Fig. 4 参照)。

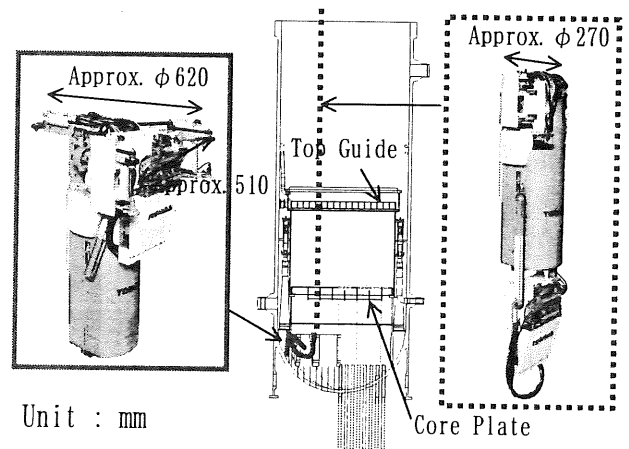


Fig. 4 Device configuration

(2) 壁面固定機能

UT を実施するためには、UT プローブを対象面に対して一定の距離を保って支持できること、JEAG4207 に規定されるように探傷漏れを起こさないために、一定間隔で探傷データを取得することが求められる。本装置は、周溶接線に対する探傷を効率よく実施するため、固定アームおよび駆動車輪アームは RPV およびシュラウドサポートシリンダに対して固定される機構とした。また、タンク内に空気を注入して発生する浮力によりバップルプレートに受動車輪を押し当てる機構とした。ピークル本体は、駆動車輪により RPV 周方向に走行する (Fig. 5 参照)。

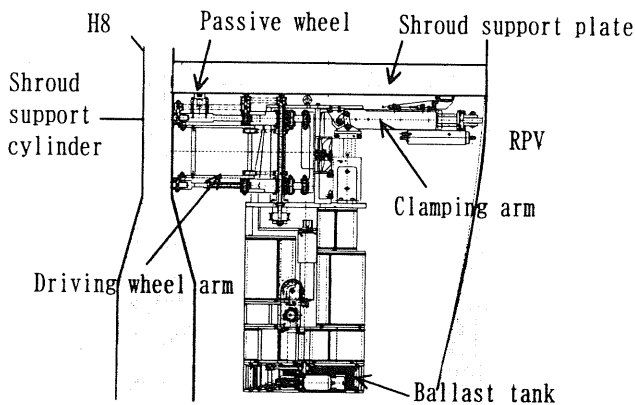


Fig. 5 Set up condition (In case of H8UT)

(3) 操縦方法

遊泳移動の場合には、操作を簡易にするために、ハンディコントローラによって操縦する。対象部へ固定後、RPV 周方向への移動の際には、走行精度を良くするために速度制御を行う。

(4) 検査機能

H8 や H9 溶接線に存在する垂直方向のひびの UT を行う場合は、スキャナ (Fig. 6 参照) を用いて探傷を行う。スキャナは 3つの駆動軸を有しており、これらの軸を制御することにより、フェーズドアレイ UT プローブ (Fig. 7 参照) を当該構造物に倣って駆動できる (Fig. 8 参照)。当該部はフェーズドアレイ UT プローブによる水浸法を適用するため、対象部が凸凹を有していても探傷することができる。本スキャナを用いて EDM スリットが付与された H9 試験体に対する探傷性確認試験を

行い、Fig. 9 に示すように良好に探傷できることを確認した。

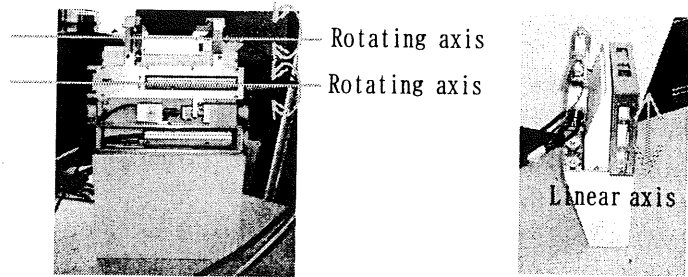


Fig. 6 Scanner

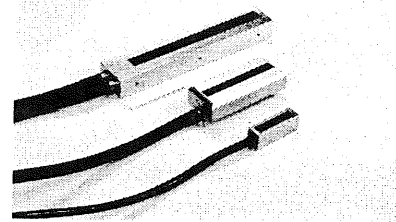


Fig. 7 Phased Array UT Probe

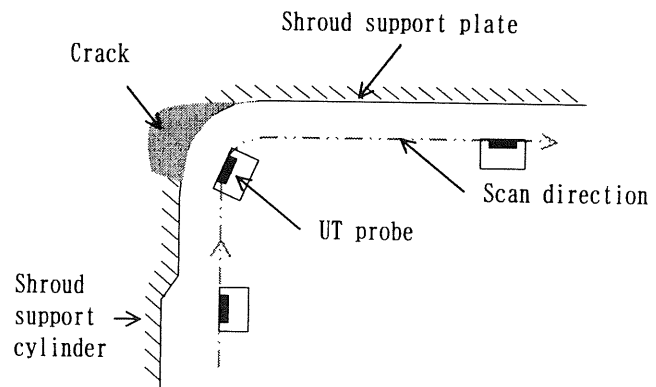


Fig. 8 UT probe scanning method

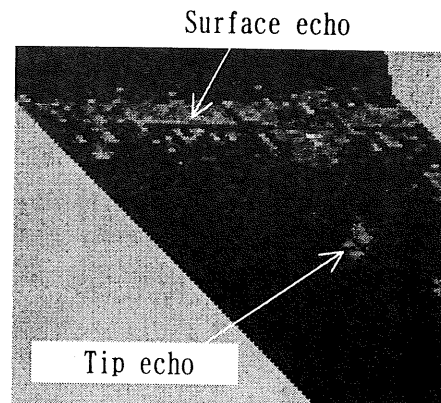


Fig. 9 H9 UT Mock-Up result

さらに、CCD カメラ、照明、ミラーを組み込んだ VT モジュールを搭載することにより、目視検査に適用できる。

本装置の位置決め精度は、ビークルは走行距離 2600mm に対して走行誤差（二乗平均誤差）が約 4mm、スキャナは駆動距離 108mm に対して駆動誤差（同上）が約 1mm である。ビークルの走行誤差は、周方向のひびの長さ計測精度、スキャナの駆動誤差は縦ひびの長さ計測精度となるが、いずれも非常に良好な精度を有していることを確認した。

2.3 適用効果

Fig. 10 に 1, 100MWe 級プラントのシュラウドサポート (H8 および H9) 展開図中に各溶接部に対する UT 可能範囲を示す。H8、H9 共に全周の UT が可能である。また、本装置は遊泳式装置であるために、制御棒ハウジングへの据付型装置と比較して、投入回数が 4 回で全周にアクセスすることが可能となり、工期短縮に寄与できる。

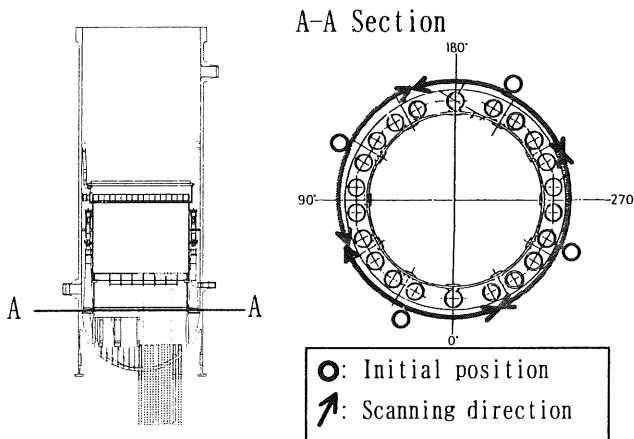


Fig. 10 Shroud support UT range

3. 結言

本稿では、従来のアクセス手法では UT が困難であったシュラウドサポートに対して UT ビークルを開発し、アクセス範囲を拡大、かつ、効率的に点検などの作業を行うためのビークルの構成

および機能、適用効果について述べた。

今後も研究開発等によって、さらに所要時間が短縮化するための改良、適用方法を検討する。また、炉内保全工事への適用を検討する。これらの炉内検査装置を用いた炉内作業の高度化が、プラント稼働率の向上に大いに貢献すると考える。

参考文献

- [1] 成瀬 克彦他 日本保全学会 第1回学術講演会 要旨集 “炉内検査装置の開発及び実機適用”、p. 243
- [2] M. Shimamura, et al, "Underwater Remotely Operated Vehicle for Core Shroud Inspection" 10th Robotics & System Mtg. Proceeding, Gainesville, Florida ? March 28-31, 2004 p183.. 190
- [3] M. Kimura, et al, "Underwater Remote Handling Equipment for Reactor Internals Maintenance "Proceedings of 10th International Conference on Nuclear Engineering Arlington VA Apr. 2002
- [4] M. Kimura et al., "Compact Visual Inspection Submersible for NPP's" Proceedings of ANS Topical Meeting on Robotics and Remote Systems, Monterey CA, Feb. 1995, p25.. 31
- [5] 木村元比古, 他. 日本原子力学会誌 原子炉炉用水中目視検査装置の開発 38, 10 1996 p. 826.. 823
- [6] M. Shimamura et al., "Development of Vacuum Cleaning Device in BWR Vessels" Proceedings of ANS Topical Meeting on Robotics and Remote Systems, Augusta GA Apr. 1997, p794.. 801
- [7] 島村 光明他 日本原子力学会年会予稿集 炉内洗浄装置の開発 1996年春 p. 185
- [8] 島村 光明他 日本原子力学会年会予稿集 炉内洗浄装置の開発 (第2報) 1997年春 p. 375
- [9] 中川 哲郎他 日本原子力学会年会予稿集 シュラウド検査ビークルの開発、2006年春 p. 652
- [10] 安達 弘幸他、日本原子力学会年会予稿集 シュラウドサポート遠隔駆動装置の開発、2006年春 p. 651.