

放射性廃棄物処理設備向け水中遠隔点検補修装置の開発

Development of underwater robot system for surface inspection and repair welding

石川島播磨重工業 (株) 山ノ口 智誉 Tomoyasu YAMANOKUCHI 会員
石川島播磨重工業 (株) 岩田 圭司 Keiji IWATA 会員
石川島播磨重工業 (株) 宮口 治衛 Haruei MIYAGUCHI 会員

Abstract Radioactive Waste(RW) Tanks are periodically inspected and repaired to maintain the high reliability in operational nuclear power plants. On the other hand, these works have been desired to perform by not human power but using remote-controlled equipment for the purpose of radiation exposure dose reduction for workers. To meet these requirements, the authors had been developed the inspection robot and YAG-laser repair-welding robot, both of which were remote-controlled in underwater environment.

Keywords: Underwater, Remote-control, Robot, Inspection, Laser-welding, Repair-welding
E-mail:keiji_iwata@ihi.co.jp

1. はじめに

原子力発電所の機器類には高い信頼性が求められるため、定期的な点検・補修が不可欠となっている。その一方で、これらの作業には、作業員や検査員の被ばくが伴うため、被ばくを低減する努力が、これまで絶えることなく続けられてきた。被ばく低減対策の有力な手法の一つに、遠隔手法による点検補修技術がある。本稿では、弊社が、放射性廃棄物処理設備の廃液貯蔵タンク用に開発した「水中遠隔点検補修装置」について紹介する。

2. 遠隔点検補修装置の特長

開発した水中遠隔システムは、点検と補修溶接を担当する2台の水中作業ロボットと、これらの制御装置、付帯機器から構成される。水中ロボット及びシステムの外観を Fig. 1、Fig. 2 に示す。これらのロボットは、水中において機器内壁面に吸着し、その壁面上を無軌道で移動することができる。その原理について補修溶接ロボットを例に Fig. 3 に示す。スカート内の水を2つのスラストを用いて排出することにより、一種の吸盤効果を得て壁面に吸着する。吸着後は、駆動輪からの推進力により、最大 50mm/sec の速度で走行が可能であり、搭載している重力センサと走行距離計、高精度なフィードバック制御の実施により、精度の高い位置決め性能を

有している。両ロボットは、約 100m (ケーブル長) の遠隔運用が可能で、適用水深は通常約 15m である。主要仕様について、Table. 1 に示す。

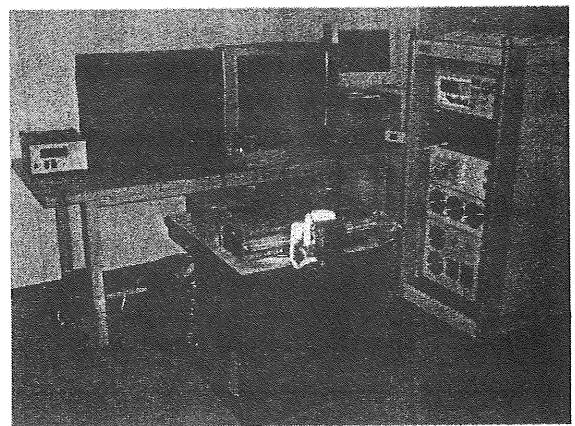


Fig.2 Robot and Control System (for Inspection)

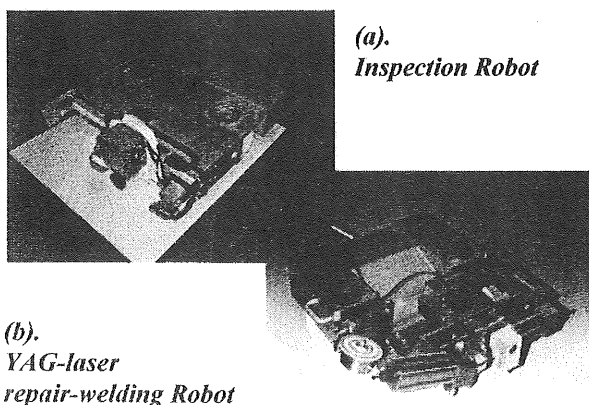


Fig.1 Underwater Robots

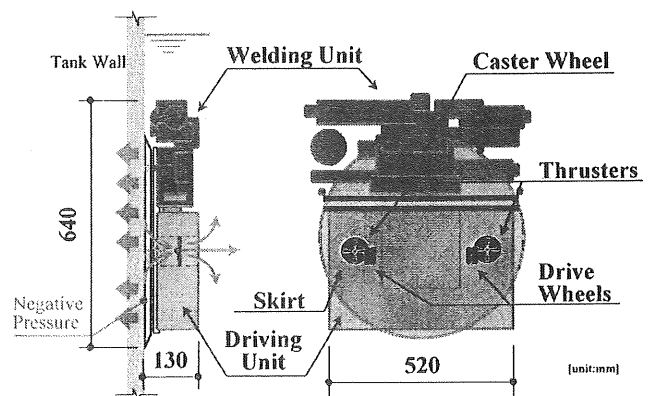


Fig.3 Illustration of YAG-laser repair welding robot

3. 点検及び補修溶接ロボット

点検ロボットには、通常、Fig. 4に示すVT検査用近接CDカメラ、欠陥除去用小型グラインダ、走行用監視カメラを搭載しているが、必要に応じて超音波厚み計測装置、渦電流測定装置等への交換が可能な設計となっている。また、これら装備の制御信号系とロボットの動力供給系は、1本の複合ケーブルに集約されており、点検ロボットの水中における機動性をなんら妨げることはなく、点検用デバイスとして良好な運用性を実現している。

一方の補修溶接ロボットには Fig. 5に示すような超小型L型溶接トーチを組み入れた水中YAGレーザ溶接ユニットを搭載している。現状で、一層のビードオン溶接から厚さ約10mmまでの多層溶接を実施することができる。Fig. 6にこれらの溶接試験結果の一例を示す。これらの水中溶接施工法については、国の確性試験委員会からその妥当性について承認を得るとともに、METI溶接施工法(特例)を取得済みである。

4. 最後に

本装置のうち、点検ロボットについては、実運転プラントへの適用を開始しており、これまでの人間系の点検作業と比較して、その有効性が確認されている。タンク点検への適用例を Fig. 7に示す。今後は、さらなる適用拡大を目指し、技術開発を継続していく予定である。

参考文献

- [1] 岩田 圭司 他: “水中遠隔点検補修ロボットシステムの開発”, 機械学会 2001 年次大会講演論文集
- [2] Keiji iwata et al.: “Development of YAG-laser Repair Welding Robot for Underwater Environment”, WRT2000, Florida USA, 2000

Table.1 Specification of underwater robots

Items	Conditions
Robot (driving unit)	
Size	640W×540L×170H (mm)
Weight	20~25 (kg)
Moving Speed	~50 (mm/sec)
Water Depth	~15 (m)
Cable Length	~100 (m)
Inspection	
Inspection Method	VT (CCD camera)
Detect	hole 0.3 (mm) liner 0.1 (mm)
Grinder	plate-type ,3000rpm
Grinding Speed	0.05 (mm/s)
Repair-welding	
Welding Method	YAG-laser welding
Laser Power	~4.0 (kW)
Base-metal	Stainless Steel (SUS304)
Welding Wire	Y308L (solid wire)
Shielding Gas	Argon

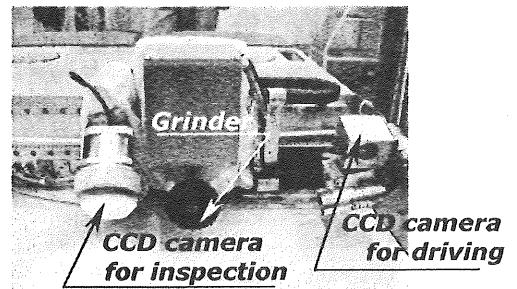


Fig.4 View of inspection device (front)

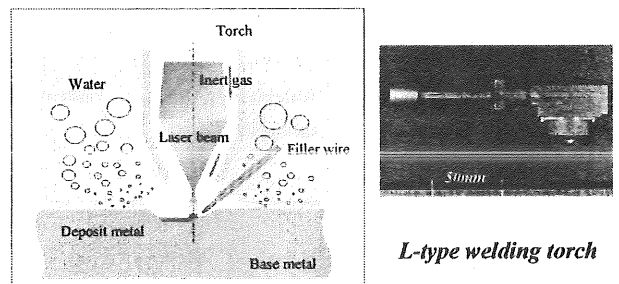


Fig.5 Scheme of underwater welding with YAG-laser welding

Material, Wire : SUS304, Y308L		Laser Power : 2.5, 3.2kW	
Water Depth : 7.5m			
	Bead Appearances	Liquid Penetration Test	Cross Section
Single Layer			
Multi Layer			

Fig.6 Bead Appearance of multi-path

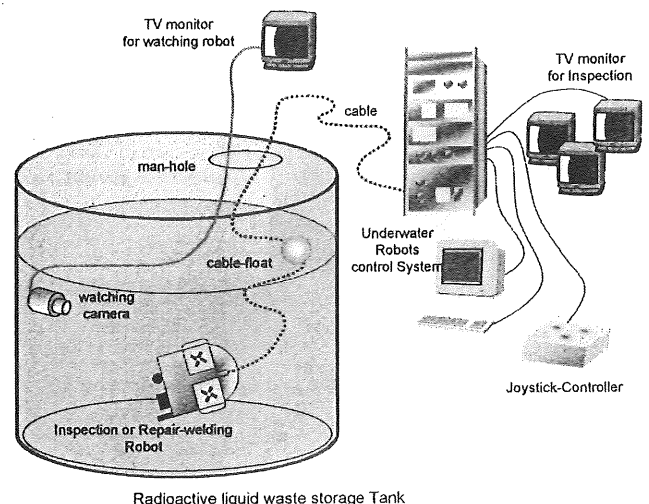


Fig.7 Maintenance works for Radioactive Waste Tank