

수중탐상로봇시스템의 오차분석 및 보정

Calibration of an underwater robotic inspection system

°장중훈*, 김재열**, 김재희***

- * 한국원자력연구소 종합안전평가팀(Tel: 042-868-8605; Fax: 042-862-7269; E-mail: ex-jjh@kaeri.re.kr)
- ** 조선대학교 정밀기계공학 (Tel: 062-230-7035; Fax: 062-230-7035; E-mail: jykim@chosun.ac.kr)
- *** 한국원자력연구소 종합안전평가팀(Tel: 042-868-2085; Fax: 042-862-7269; E-mail: jaehkim@kaeri.re.kr)

Abstract : The permissible positioning error of the transducer used in reactor inspection must be within 10 mm. To implement the required precision it is necessary to manufacture all components affecting the positioning mechanism correctly and precisely. In addition, it is also necessary to handle error factors accurately. This paper describes the activities of the findings and corrections of the errors which were occurred in experiments. Those activities are; i) Categorization of error factors, ii) Cause analysis of errors, iii) Correction of errors founded in experiments by the analysis of laser induction type and by the validation of real measurement of horizontal, vertical baselines.

Keywords: error, analysis, calibration

1. 서론

본 논문에서는 한국원자력연구소에서 개발 중인 주 제어 컴퓨터 시스템(Main Control System: MCS)과 수중 이동로봇 시스템(Reactor Inspection RIROB) 그리고 로봇의 이동경로를 지시하는 레이저 위치 지시 시스템(LASPO)으로 구성되어 있는 원자로 검사 장비인 수중탐상로봇시스템의 오차보정에 관한 연구를 기술하고자 한다. 현재 원자로 압력용기 검사를 위한 수중탐상로봇 개발에 있어서 매우 중요한 목표 중 하나가 정확한 검사를 위한 로봇의 정밀유도라고 할 수 있다. 본 시스템에서 적용된 탐상로봇의 경로제어는 레이저를 이용한 유도 방식이다. 즉 유도레이저를 로봇의 센서에 입사시켜 검사위치까지 수중로봇을 유도하여 원자로 용접부의 모든 부위를 검사하는 것이 본 시스템의 제어 방식이다. 탐상시스템을 실제 원자로의 노즐부위 측정에 적용하기 위해선 탐측자의 최종탐측지점 허용오차가 $\pm 10\text{mm}$ 이내여야 하므로 이와 같은 정밀도를 실현키 위해선 레이저 유도장비 및 수중로봇시스템의 정밀제작과 함께 발생 가능한 주요 오차요인의 측정 및 제거가 필수적이라 하겠다. 또한 시스템의 실험과정에서 발생될 수 있는 시스템 설치오차 및 작동오차를 최소화하고 오차형태별 분류를 통한 체계적인 오차분석이 이루어져야 한다. 앞서 설명한 발생오차 중 제작오차요인은 제작과정 등에서의 정밀검사를 통해 해결할 수 있으나, 설치오차의 경우 레이저 유도형태 분석 및 기준선을 이용하여 수평, 수직선의 실측 및 검증을 통해 오차를 보정하여야 한다. 그밖에도 검사 원자로내의 유도원점의 정확한 측정과, 로봇유도제어 중 발생 가능한 메커니즘에 대한 해석도 매우 중요하다.

따라서 본 논문에서는 2장에서 오차요인을 시스템별 기계적오차와 제어오차, 설치오차 등으로 분류하여 정리하였으며 3장에서는 오차발생요인에 관한 측정 및 분석을 기술하였고 4장에서는 오차요인의 보정작업을 통한 결과를 5장에서 결론을 기술하였다.

2. 시스템 개요 및 오차예측

2.1 설계 및 제작과정의 오차요인

본 연구에서 개발 실험중인 시스템은 크게 RIROB와 LASPO로 구성되어 있으며 각 시스템 및 실험용 원자로 등의 개요와 설계, 제작과정에서 발생 가능한 오차요인을 파악하였다.

2.1.1 레이저 시스템(LASPO) 오차요인

RIROB의 이동 경로를 지시하는 시스템으로 원자로의 상단 플랜지를 가로지르는 I형 빔 중앙에 장착된다. 이 레이저 위치 지시기는 다이오드 레이저가 부착된 팬틸트(pan-tilt) 형태의 기기로서 0.002 degree/step 이하의 해상도를 가지는 스테핑 모터에 의해 정밀 제어된다. 그리고 레이저 빔의 회절 방지와 방수를 위해 그림 1에서 보는 바와 같이 원통 중앙에 레이저 전용 박스형 하우징을 제작 장착하도록 하였다. LASPO의 주요기능은 RIROB의 위치 제어이다.

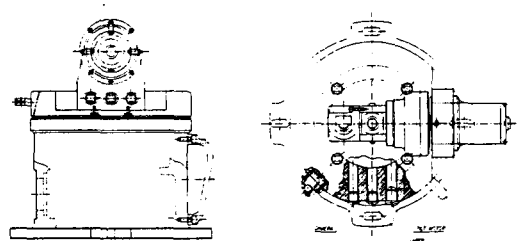


그림1 레이저시스템 (LASPO) 개략도

레이저 시스템의 제작과정 중 가장 유의해야 할 부분은 정확한 중심 위치이다. 레이저의 중심점이 원자로의 중심과 일치해야 로봇을 유도하는데 오차가 발생되지 않는다.

만약 레이저의 중심이 원자로의 중심과 맞지 않을 경우 레이저의 Y축방향(Tilt)의 오차가 발생하게 된다. 즉 레이저와 원자로벽면 사이의 거리가 멀어질 경우 레이저가 RIROB PSD 센서의 아래부분을 비추게 된다. 따라서 빔의 정확한 입사를 위해서 레이저의 중심위치의 올바른 장착이 필수이며 빔의 조정도 함께 이루어져야 한다.