

Development of Tools for Measurement of Inner Shell Deformation of HANARO Reactor

Yun-Hang Choung,^a Yeong-Garp Cho,^b Jung-Hee Lee,^b Jong-Sup Wu,^b
 HANARO Center, Korea Atomic Energy Research Institute
 150 Deokjin-dong Yuseong-gu Daejeon, 305-353, R.O.KOREA
 Tel : 82-42-868-8766, E-mail : ex-cyh@kaeri.re.kr

Abstract

It was estimated by an analysis method that the inner shell of HANARO reactor will be deformed due to pressure, loads, creep and growth during reactor operation. To confirm the analysis validity and safe operation of reactor, we developed tools to remotely measure the straightness of the inner shell located 12m below the pool top. The performance and the accuracy of the measurement tools have been verified through tests using a dummy inner shell and steel straight edge. The accuracy of the measurement shows very good results with a maximum error of 0.06mm by steel straight edge

The technical experiences described in this paper will be a good reference not only for the operation and maintenance of HANARO but also for the next performance of the measurement in the future.

1. Introduction

하나로의 원자로 내벽(inner shell)은 주름진 모양을 한 7mm 두께의 지르코늄 판으로 되어 있다. Inner shell은 원자로 운전중의 압력, 하중 및 중성자 조사에 의한 크리프와 성장에 의해 변형이 일어나는 것으로 예측하고 있다. 변형은 원자로 중심방향, 원주방향 및 수직방향으로 모두 발생하지만 inner shell에 인접하여 설치되어 있는 유동관과의 간섭문제와 제어봉과 정지봉의 구동에 방해가 될 수 있는 중심방향의 변형이 주요측정대상이다. 설계요건에 따른 inner shell의 중심방향 변형한계는 2mm이다. 본 논문에서는 하나로 원자로 inner shell의 변형 정도를 주기적으로 감시하기 위한 inner shell 직진도 측정장치 개발에 대하여 기술한다.[1]

2. Methods and Results

원자로 inner shell의 변형은 수직방향 직진도의 변화로 나타나므로 inner shell의 직진도를 측정 함으로써 알 수 있다. 원자로 inner shell의 노심 방향 변형은 30MW의 출력으로 누적운전 년수가 20년일 때 0.84mm로 예상된다. 따라서 개발된 inner shell 측정 장치의 정밀도는 설치오차와 측정오차를 모두 고려하여 오차범위 0.1mm 이하의 정확도와 반복성을 가지도록 하였다.

2.1 Inner Shell Measurement Tool

직진도 측정장치는 측정 gauge와 구동장치, 조명장치 및 gauge 판독용 내방사성 수중카메라로 구성된다. 측정 gauge는 눈금단위가 0.01mm인 dial gauge를 사용하였으며 gauge를 원자로 inner shell을 따라 수직방향으로 움직일 수 있도록 하기 위하여 선형운동 guide(LM guide)위를 구동하는 베어링에 dial gauge를 부착하는 구동방식을 사용하였다. Figure 1은 원자로 inner shell에 설치된 측정장치의 투시도와 측정 지점을 나타낸 것이다.

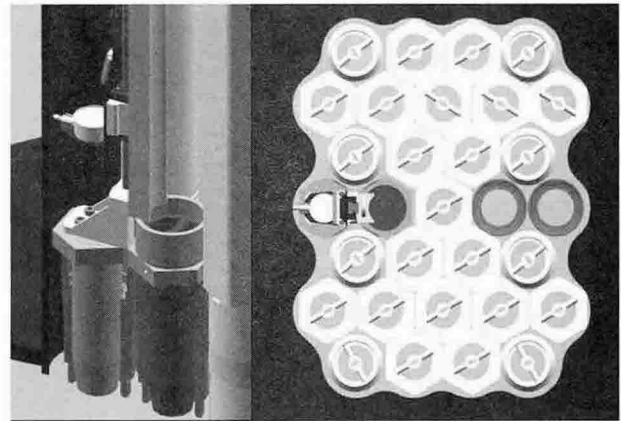


Figure 1. Inner shell measurement tool

직진도 측정장치는 측정하고자 하는 지점에 있는 2개의 육각 유동관을 제거하고 그 자리에 설치되어지므로 장치의 하부는 원자로 receptacle에 설치 및 고정되도록 설계되었고, guide가 수직으로 설치되어지므로 장치의 직각도는 측정의 기준이 되고 매우 중요한 요소중의 하나이다. 제작 시의 직진도 측정장치의 최대직각도 오차는 0.2mm/1m 이내가 되도록 하였다. 개발된 직진도 측정장치는 원활한 측정을 위해 아래와 같은 여러 가지 장치를 부착하고 있다.

- 1) LM guide stopper : 볼 베어링에 의해 구동되는 guide bracket이 inner shell 측정범위를 넘어서지 않도록 guide 상부에 고정.
- 2) Dial gauge bracket : dial gauge 교체시 항상 같은 위치에 고정.

- 3) Lamp housing : dial gauge 를 수중카메라를 이용하여 읽기 위해 gauge bracket 상부에 미니램프 설치.
- 4) Gauge bracket shim : dial gauge 측정범위 조절용 shim.

2.2 Pressure Test of Dial Gauge Lamp

원자로 inner shell 의 측정은 dial gauge 를 사용 하여 측정하므로 수조하단부에서 내방사선 카메라 를 사용하여 측정된 값을 읽고 저장한다. 이를 위하여 본 장치에서는 3 개의 미니램프를 gauge bracket 에 장착하였다. 미니 램프는 자체적으로 sealing 이 되어 있지만 수조내부에서는 최대 110 kpa 의 압력이 걸리므로 램프에 Epoxy 를 사용하여 보강 sealing 을 한후 165kpa 의 압력으로 압력실험을 수행하였다. 그 결과 램프는 120 분까지는 충분한 조도를 유지하였고 300kpa 까지도 수명이 건재한 것으로 확인되었다. Figure 2 는 dial gauge ·bracket 에 조명장치를 부착한 것과 램프의 수중 압력실험의 모습이다.



Figure 2. Dial gauge bracket with lamp housing

2.3 Straightness Test of Innershell Measurement Tool

원자로 inner shell 의 정확한 측정을 위해서는 측정 장치의 직진도를 정확하게 알 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 straight edge 를 사용하여 장치의 직진도를 측정하였고 Figure 3 은 inner shell 직진도 측정 장치의 직진도를 측정한 그래프이다.

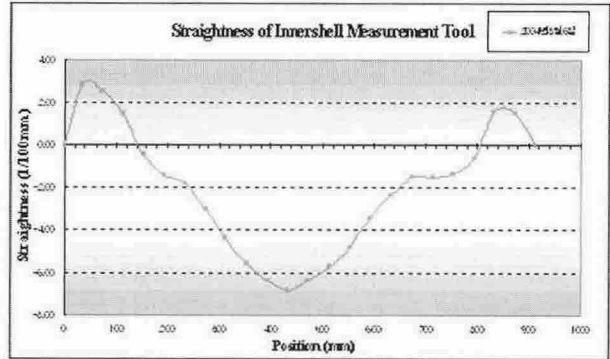


Figure 3. Straightness of inner shell measurement tool

측정된 직진도 값은 straight edge 의 오차를 보정 해 준 값이며 차후 inner shell 측정값에 측정 위치별 보상 기준값이 된다.

2.4 Absolute Distance Setup of Dial Gauge

Inner shell 측정장치에 부착된 dial gauge 의 최 대 측정범위는 5.6mm 이다. 원자로 inner shell 의 제작치수와 원자로 구조물의 상호 조립정렬상태 를 고려하여 측정범위를 벗어나지 않도록 하기 위하여 이를 보정할 수 있는 gauge 보정용 shim 을 제작하였으며 각 측정 지점에 맞도록 조절하 여 gauge 구동축과 gauge 접점간의 절대 거리를 맞 추었다.

3. Conclusion

- (1) 하나로 원자로 inner shell 은 압력, 하중 및 중성자 조사에 의한 크리이프와 성장에 의 해 변형이 일어나는 것이 해석적인 방법에 의 해 예측되고 있다. 하나로의 가동중 검사 의 하나로써 원자로 inner shell 의 변형량을 측정하여 해석의 타당성을 검증하고 원자로 운전 안정성을 확인하고자 수조상부에서 12 m 아래에 위치한 원자로 inner shell 의 직진 도를 원격으로 측정하는 장치를 개발하였다.
- (2) 개발된 각 장치들은 각각의 성능이 입증되 었고 측정장치는 straight edge 를 사용하여 직진도를 측정한 결과 0.06mm 로 확인되어 최종 측정데이터에 보상할 수 있도록 하였고 직각도는 0.02mm/m 로 충분한 정밀도를 가짐 을 확인하였다.
- (3) 원자로 inner shell 의 변형측정주기는 10 년 이다. 개발된 장치를 사용하여 2004 년 8 월 원자로 inner shell 의 측정을 성공적으로 마 친 상태이며, 실제 inner shell 측정과정을 통 해 장치의 성능은 충분히 입증되어 추후 inner shell 의 주기적 변형감시 장치로서의 역할을 할 것으로 본다.

REFERENCES

[1] G. R. Young, TS-37-31200-003, Technical Specification, Stress Analysis of the Reactor Assembly, Rev.4, 1992.11.
 [2] Y. G. Cho, Development of Technology and Tools for Measurement of Inner Shell Deformation of HANARO Reactor, Korean Nuclear Society, 2002.