

하나로 유동모의 설비의 노심 채널 유량측정

Kyoung-Ruen Kim,^a Yong-Chul Park,^b Yun-Hang Choung,^b

HANARO Center, Korea Atomic Energy Research Institute 150 Deokjin-dong Yuseong-gu Daejeon,
305-353, R.O.KOREA Tel : 82-42-868-8474, E-mail : kimkr2@kaeri.re.kr

1. 서론

하나로 유동모의설비는 실험장치를 하나로에 장전하기 전에 구조적 건전성과 그 성능을 예측하기 위해 개발되었다. 이 설비는 하나로 노심의 약 반으로 구성된 1/2 노심 구조물 집합체의 핵연료 대신에 유동모의 오리피스를 장전하여 방사능의 피폭 없이 시험할 수 있는 장점이 있다. 이 유동모의설비가 현재 가동중인 하나로와 동일한 유동특성을 만족하기 위해서는 원형과 육각 검증용 오리피스 노심에서의 차압이 하나로의 설계차압 ($209 \pm 10\%$ kPa)을 만족하여야 한다. 1/2 노심 구조물 집합체에 노심유량과 노심우회유량이 하나로와 동일한 비율로 공급되어야 하며, 각 유동관의 유량은 평균유량의 95~105% 범위임을 보여야 한다.

본 연구는 유량조절 밸브를 사용하여 노심유량의 369kg/s, 노심우회유량의 41kg/s 유체가 각각 흘러가도록 조정된 후 유량 검증용 오리피스를 이용하여 원형과 육각 유동관에 미치는 차압을 측정하여 노심에 흐르는 유량을 나타내었다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 유동모의설비

이 계통은 순환펌프, 노심유량 배관, 노심우회 유량 배관 및 밸브, 계기류, 현장 제어반, 데이터 기록장치로 구성되어 있다. 순환펌프는 침니의 하부 출구를 통해 노심유량과 노심우회유량을 흡입한 후 송출관을 지나 플래넘의 유입구에 노심유량을 공급한다. 송출관에서 분리된 유체는 노심우회관을 통해 침니 상부 유입구로 노심우회 유량을 공급한다. 침니하부에 있는 흡입구를 통해 순환펌프가 노심유량과 노심우회유량을 흡입하는 경우 노심우회 유량은 노심유량과 흐름이 반대이므로 노심채널을 지난 제트유동을 억제한다. 수위는 99%에 도달하였을 때 슬레노이드 밸브에 의해서 자동으로 개폐된다. 집합체의 노심은 하나로의 장착된 유동관의 절반에 해당하는 육각 유동관 13 개와 외부유동관 3 개를 포함한 원형 유동관 7개가 설치되어 있다.

2.2 유량검증용 오리피스

하나로와 동일한 유동특성 시험을 위해 집합체의 노심채널 각 유동관에는 핵연료를 장전하지 않고 노심에 각각 유량 오리피스를 설치하였다. 육각 검증용 오리피스의 설계유량은 19.7 kg/s, 원형 검증용 오리피스는 12.7 kg/s, 차압은 209 kPa 을 유지되어야 한다. 이러한 설계조건을 충족시키기 위해 육각 검증용 오리피스는 약 20cm 간격으로 오리피스 판을 5 개 설치하였으며 각 오리피스 판에는 직경 8.8mm 으로 30 개의 구멍을 관통하였다. 미세유량을 조절하기 위해 반달모양인 판으로 각 오리피스 판에 M5 볼트로 체결하였다. 원형 검증용 오리피스 경우에도 오리피스 판을 20cm 간격으로 5 개 설치하였다. 그러나 오리피스 판에 관통된 직경은 육각 검증용 오리피스 판보다 1.2mm 가 큰 직경 10mm 으로 18 개를 관통하였다.

2.3 실험방법

유량검증용 오리피스에 설치된 압력 프로브는 오리피스 상단과 하단에 설치하여 이 관을 한 개의 관으로 모아 수조 상부의 차압계에 연결하여 차압을 측정한다. 각 유동관에 검증용 오리피스를 장착하여 유동관별로 차압을 측정하였다. 노심에 일정한 유량이 공급된 이후로 시험시간은 2 분으로 하였으며, 측정된 데이터는 기록장치에 1 초 간격으로 저장하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 육각과 원형 검증용 오리피스에서 유량 특성

유동관 내부의 차압을 측정하기 위해 이번에 개발한 유량 검증용 오리피스를 그림 1 에 나타내었다. 육각 검증용 오리피스 판에 반달판 10 개와 M5 볼트를 설치한 후 시험해 본 결과 육각 유동관 13 개의 각 사이트는 평균유량의 $\pm 3\%$ 이내에 들 수 있었다. 반면 원형 검증용 오리피스 판에 반달판을 6 개 설치하였을 시 노심 내부에 설치된 원형 유동관의 유량은 평균유량의 $\pm 3\%$ 유량분포를 나타내었다.

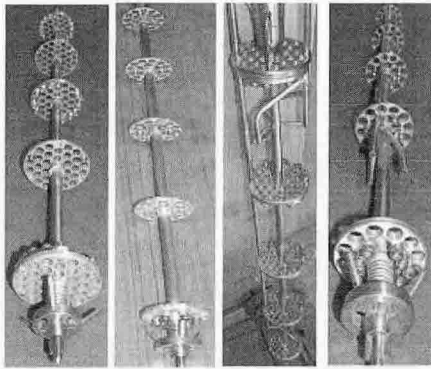


Figure 1. Configure of flow simulation and verification orifices.

노심 외부에 설치된 원형 유동관은 노심 내부 유동관보다 2 개 적은 반달판 4 개를 설치하였을 때 각 유동관의 흐르는 유량은 평균유량의 $\pm 5\%$ 유량분포를 나타내었다.

3.2 노심유량 특성

노심에 흐르는 육각 유동관과 원형 유동관의 유량분포를 그림 2 에서 보여주고 있다. 그림 2 에서 볼 수 있듯이 가장 낮은 유량분포를 나타낸 유동관은 육각 유동관 4 번과 원형 유동관 OR2 이며, 평균유량의 98.3%, 95.7%를 각각 나타내었다.

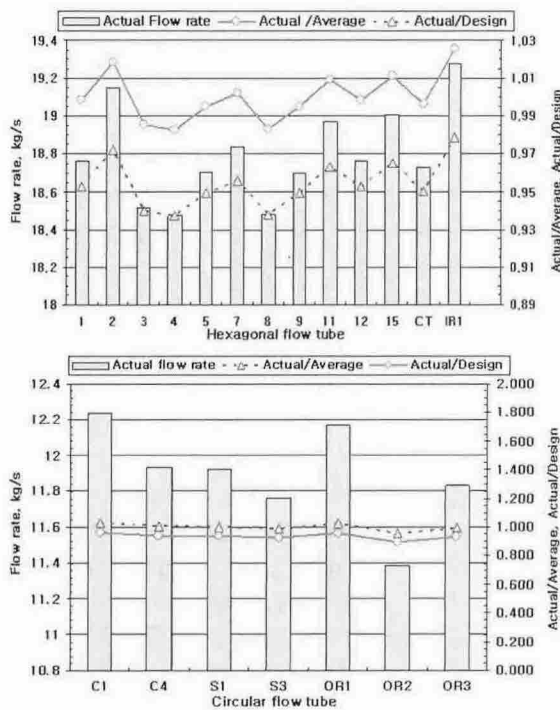


Figure 2. Flow distribution according to flow tube.

육각 유동관과 원형 유동관의 설계기준에 대한 오차를 평균은 각각 -4.6% , -6.4% 를 나타내고 있어 육각 유동관과 원형 유동관은 설계기준 유량보다 적은 평균유량이 분포한다. 이와 같은 오차가 발생한 원인으로는 갭홀이 설계유량보다 약 1.6 배 이상 흐르기 때문에 육각 유동관과 원형 유동관에는 상대적으로 적은 유량분포를 보여주고 있다.

4. 결론

차압 측정용 유량 검증용 오리피스를 이용하여 각 채널별 유동관의 유량분포를 측정하였으며, 측정결과로부터 유동관 내 유동분포 특성을 고찰하여 하나로에서 얻은 결과와 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 노심의 가장 낮은 유량분포를 나타낸 유동관은 육각 유동관의 채널 4 와 원형 유동관의 채널 OR2 이며, 이때 평균유량의 98.3%, 95.7%를 나타내었다.
- 2) 유동모의설비에 장착된 20 개 유동관은 하나로와 동등하게 평균유량의 95~103%를 상회하므로 설계조건을 잘 만족한다.
- 3) 육각 유동관의 경우 평균유량의 $\pm 3\%$ 이내, 원형 유동관의 경우는 $\pm 5\%$ 이내의 상대오차를 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] Y.C.Park, et.al, 2002, "Flow Analysis of HANARO Flow Simulated Test Facility", Proceedings of the fifth JSME-KSME Fluid Engineering Conference, Nagoya, Japan.
- [2] Y.C.Park, et. al. 2002, "Technical Specification for Fabrication of Flow Circulation System in HANARO Flow Simulation Facility", KAERI/TR-2290/2002.
- [3] Y.C.Park, 2004, "The Analysis for Flow Circulation System in HANARO Flow Simulation Facility", 유체기계저널, 제 7권 제 1호, pp.30~35
- [4] Y.C.Park, et. al, 2003, "Technical Specification of Design Verification Equipment in HANARO Flow Simulation Experimental Facility", KAERI, HAN-DS-491-K002.
- [5] Y.C.Park, et. al, 2002, "Technical Specification for Fabrication of Support System in HANARO Flow Simulation Facility", KAERI/TR-2299/2002.