

핫셀 뒷문 개폐시 내부 오염물질의 서비스구역 확산 방지 장치 개발

백승재, 유병옥, 김도식, 김기하, 주용선, 안상복, 류우석
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지
vschoo@kaeri.re.kr

1. 서론

조사제시험시설은 조사후 핵연료 등의 고방사성물질을 전문으로 취급하는 핫셀 시설로써[1,2], 핫셀 내부의 시설 장비 및 시험 장비를 정비 및 보수하기 위하여 핫셀 작업자가 내부로 출입을 해야만 한다. 이러한 작업과정에서 핫셀 뒷문(rear door)을 개방할 때 핫셀 내부에 잔존하고 있는 α -입자 및 β -선을 방출하는 방사능 오염물질이 핫셀 내부로 흡기구를 통해 공급하는 공기의 유동으로 인해 서비스구역으로 유출되어 주변을 심하게 오염시켜 왔으며, 이를 제어하기 위해 많은 인력을 동원하는 비효율적인 측면이 있었다.

그래서 이에 대한 방지책으로 핫셀 뒷문 주위에 설치 및 제거가 용이한 간이 비닐막을 설치하거나 핫셀 내외부의 공간을 분리하기 위하여 일체형 상자를 설치하는 방법을 이용하였으나, 공간이 협소한 핫셀 뒷문 주위에서 취급·보관이 불편할 뿐만 아니라 핫셀 내외부의 공기유동을 근본적으로 적절하게 차단하지 못하여 방사성 오염물질의 유출을 조사제시험시설 관리 기준치 이하(α -표면오염도 : 0.4 kBq/m², β -표면오염도 : 4.0 kBq/m²)로 방지 및 유지하지 못했다.

본 논문에서는 핫셀 뒷문 주위의 협소한 공간에서 보관·취급이 용이하도록 접이가 가능하고, 핫셀 내부를 출입하는 과정에서 내·외부간에 공기유동을 순차적으로 차단하여 방사성 오염물질이 서비스구역으로 유출되지 않도록 한 출입장치인 오염물질 확산 방지 장치를 개발하였다. 이를 핫셀 뒷문에 설치하고 핫셀 뒷문을 개폐할 때 장치 내부의 부압차이는 $\Delta P = 8 \text{ mmWG}$ 이며, 작업 종료 후 장치의 내부와 서비스구역 바닥의 α -표면오염도는 작업 전후의 값이 모두 MDA(Minimum Detectable Activity)이하이고, β -표면오염도는 각각 최대 12.1 kBq/m² 및 1.43 kBq/m² 으로 만족할 결과를 얻었다.

2. 실험 및 결과

2.1 장치의 개요

본 장치의 설계 목적 및 요건을 핫셀 뒷문 주위의 협소한 공간에서 보관·취급이 용이하도록 접이가 가능하고, 핫셀 출입과정에 내·외부 간에 공기유동을 순차적으로 차단하여 방사성 오염물질이 외부로 유출이 되지 않도록 하였다. 첫째, 협소한 공간에서 사용 및 보관이 가능하도록 하기 위해 선형 슬라이딩 베어링장치를 이용하여 2단으로 확장 및 축소가 되도록 하였으며, 둘째, 핫셀 뒷문을 개방할 때 내·외부 간의 급격한 압력차에 따른 소용돌이 공기유동에 의한 오염물질의 유출을 방지하기 위하여 순차적인 2단계 출입공간(작업자출입장치 공간과 핫셀연결장치 공간)과 출입부압력조절밸브를 설치하여 급격한 공기압 차이의 발생을 방지하였다.

2.2 장치의 구성 및 운전

본 장치는 그림 1 및 2와 같이 핫셀연결 장치, 핫셀출입문확장 장치 및 작업자출입 장치로 구성된다. 출입문확장 장치에는 전후로 이동을 용이하도록 장치 하단에 선형이동베어링장치와 장치 내부의 공기압 조절을 위해서 출입부압조절밸브를 구비하였다. 그리고 각 장치의 벽은 투명한 아크릴 판넬로 구성하였으며, 평상시 최소한의 크기로 서비스구역 내에 보관할 수 있도록 그림 1 및 2와 같이 출입문 확장 장치와 핫셀 연결장치를 겹치도록 하였다.

운전 시에는 그림 1 및 3과 같이 핫셀연결 장치의 전면부위를 핫셀벽에 밀착하여 볼트체결대의 연결 볼트 장치를 출입문의 틀에 고정하고, 그림 3 및 4와 같이 출입문확장 장치를 후방으로 슬라이딩 이동하여 공간을 확장하는데, 핫셀 뒷문을 개방하는 동안에 핫셀 내부의 부압으로 인해 장치 내부와 외부 사이의 급격한 압력차이가 발생하지 않도록 출입부압조절밸브를 조작하여 적절한 부압이 유지하도록 한다.

출입자는 작업자출입 장치의 출입문-1을 개방하여 작업자출입 장치의 공간으로 이동한 후 출입문-1을 닫고 순차적으로 출입문-2를 열어 핫셀연결 장치의 공간으로 이동하고, 출입문-2를 닫고 핫셀 내부로 진입하는데, 이 때 출입문-1과 출입문-2가 동시에 개방되지 않도록 유의한다. 핫셀 내부에서 작업을 중

료 후 외부로 퇴출할 때는 전술한 절차의 역순으로 수행한다.

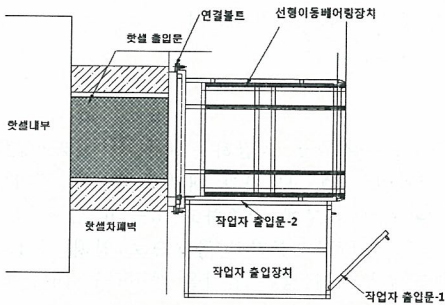


그림 1. 핫셀출입장치 평상시 운영 평면도.

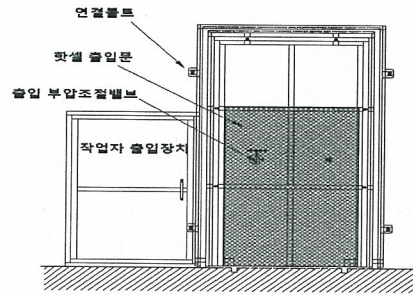


그림 2. 핫셀출입장치 평상시 운영 정면도.

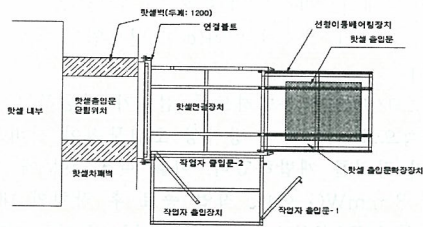


그림 3. 핫셀출입장치 운전시 운영 입면도.

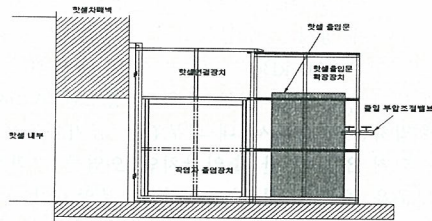


그림 4. 핫셀출입장치 운전시 운영 평면도.

3. 결론

운전 조건으로 그림 1 및 3과 같이 핫셀연결 장치의 전면부위를 핫셀벽에 밀착하여 볼트체결대의 연결볼트 장치를 출입문의 틀에 고정하고, 그림 3 및 4와 같이 출입문확장 장치를 후방으로 슬라이딩 이동하여 공간을 확장한 후 핫셀 뒷문을 개방하는 동안에 핫셀 내부의 부압으로 인해 장치 내부와 외부 사이의 급격한 압력차이를 확인하기 위해 출입부압조절밸브를 닫고 압력계의 변화량을 약 10분간 측정하였고, 측정된 초기값 및 최종값은 각각 -2 mmWG 및 -10 mmWG로서 $\Delta P = -8 \text{ mmWG}$ 이다.

작업 종료 후 장치의 내부와 서비스구역 바닥의 α -표면오염도 및 β -표면오염도를 측정하였다. α -표면오염도는 작업 전후의 값이 모두 MDA (Minimum Detectable Activity)이하로 전후값의 변화가 없었으나, β -표면오염도는 각각 최대 12.1 kBq/m² 및 1.43 kBq/m² 이다.

그러므로 본 장치를 활용하는 경우 핫셀 뒷문을 개방하는 동안 장치 내부의 부압차가 8 mmWG에 불과하여 장치의 건전성을 유지할 수 있고, 또한 α -표면오염도 및 β -표면오염도에 대한 조사재시험시설운영 관리기준치를 준수할 수 있어 시설 장비 및 시험 장비를 정비 및 보수하기 위해 핫셀 뒷문을 개방하여도 방사성물질의 오염확산을 방지할 수 있을 것이다.

4. Acknowledgment

본 실험은 조사재시험시설운영과제의 일환으로 2008년 6월에 수행되었습니다.

5. REFERENCES

- [1] 주용선 외, "하나로 조사 핵연료 및 재료용 무게장/계장 캡슐 조사후시험 현황", 하나로 심포지엄, 2004.
- [2] 주용선 외, "하나로 OR 시험공에서 조사한 계장용 재료캡슐(07M-21K) 핫셀시험", 하나로 심포지엄, 2008.