

다목적 핫셀운반용기 및 접속시스템 개발

최우석, 이상훈, 서기석, 김호동
 한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045
wschoi@kaeri.re.kr

1. 서론

한국원자력연구원에서는 서로 다른 목적으로 사용할 수 있는 3가지 종류의 핫셀 운반용기 개념설계를 완료하였다. 개념설계가 완료된 3가지 종류의 핫셀 운반용기에 대하여 개념도를 작성하였으며, 제작성 및 구조조건전성 평가를 위한 축소모델을 제작하였다. 향후 PRIDE 및 ESPF에 적용을 위해 개발된 핫셀 운반시스템은 현재 운영되고 있는 운반시스템과는 다른 방식의 운반시스템이다. 따라서, 개발된 신규 핫셀 운반시스템은 현재 운영되고 있는 ACPF와의 호환성은 없었다. 그러나, 현재 운영되고 있는 운반시스템과의 호환 필요성이 제기됨에 따라서, 하나의 기본용기를 변형하여 여러 가지 목적으로 사용가능한 운반용기의 개발 필요성이 대두되었다. 서로 다른 복수의 용기를 각각 설계해야 하는 상황에서 운반용기의 본체를 공유하고 서로 다른 뚜껑을 교체 및 결합하여 각각의 목적에 따라 사용할 수 있는 용기를 개발하였다. 그리고 이를 일반 방사성물질 운반용기로도 사용할 수 있도록 확장하였다. 또한 개발된 운반용기의 접속시스템을 개발하였다.

2. 핫셀운반용기 및 접속시스템

개발된 3가지 핫셀 운반용기는 편의상 1) 회전개폐형 핫셀운반용기, 2) 상하개폐형 핫셀운반용기, 3) 일반 운반용기라 명명하였다. 각 용기의 개략도는 Fig. 1에 나타나 있다. 개발된 핫셀 운반용기의 설계는 다분야의 설계요건들을 기초로 하여 이루어졌다. 예를 들면, 하중나하장치를 구성하여 취득한 9 m 낙하높이에 대한 완충재질의 재료동특성 데이터, 충격완충체 거셋의 위상최적설계 결과, 충격완충체 1/6 축소모델을 이용한 완충구조 성능시험 등을 바탕으로 하여 충격완충체가 설계되었고, 차폐·임계해석, 열 해석, 구조해석 등 다분야의 해석 및 설계과정을 통해 최적화 평가가 이루어졌다. 3가지 종류의 운반용기에 대한 개

념설계를 완료하여 설계도면, 3차원 전산모델을 제작하였으며, 1/2 축소모델의 제작을 수행하였다.

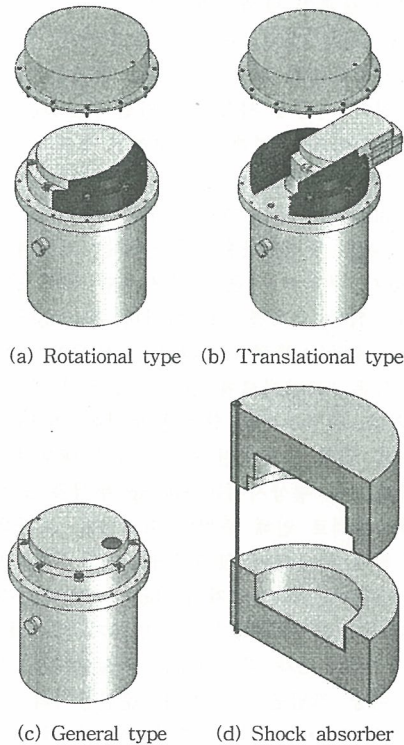


Fig. 1. Three different hotcell transport package and shock absorber

2.1 회전개폐형 핫셀운반용기

회전개폐형 핫셀운반용기의 뚜껑은 회전개폐장치를 이용하여 개폐된다. 이는 PRIDE 및 ESPF 시설에 적용할 예정으로 개발되었다. 회전개폐형 핫셀운반용기의 구조는 다음과 같다. 뚜껑은 회전뚜껑과 고정뚜껑으로 구성되며, 회전편을 중심으로 회전뚜껑이 회전하여 캐니스터의 내부이송경로가 확보된다. 운반용기 뚜껑위에는 누설방지용 뚜껑이 존재하며 double O-ring이 가공되어 있다. 평상시에는 고정뚜껑과 회전뚜껑 사이에 위치한 잠금장치로 인해 회전뚜껑이 회전하지 못하지만,

운반용기가 대차위에 접속하여 핫셀 리어 도어에 부착되면 잠금장치의 버튼이 눌러져서 회전뚜껑의 잠금이 해제되며 회전이 가능하게 된다. 1차 격납경계는 운반용기 내부의 컨테이너가 되고, 2차 격납경계는 회전뚜껑 및 고정뚜껑을 감싸는 누설방지용 뚜껑이 되어 이중 격납을 유지한다. 운반용기의 이송을 위해 lift rig가 운반용기 중심부에 위치하며, 운반용기 상하부에는 낙하사고 시 충격흡수를 위한 충격완충체가 부착된다.

2.2 상하개폐형 핫셀운반용기

상하개폐형 핫셀 운반용기의 뚜껑은 회전개폐장치를 이용하여 개폐된다. 신규 핫셀용기를 개발함에 있어 기존에 사용되고 있던 Padirac 시스템의 리어도어와의 연계성이 고려된 운반용기 필요성이 대두되었다. Padirac 시스템의 접속 메카니즘은 sliding을 통한 개폐가 구현되는 시스템이다. 상하개폐형 핫셀운반용기의 구조는 다음과 같다. 운반용기 뚜껑에 기존 접속시스템 리어도어와의 호환을 위한 단차를 가공하였다. Sliding을 통해 상하 개폐되는 뚜껑을 제외하면 본체와 누설방지용 뚜껑은 “회전개폐형 핫셀 운반용기”의 뚜껑과 동일하다. 중앙부위에 위치한 뚜껑이 sliding을 통해 위로 밀려 올라가면 캐니스터의 내부이송경로가 확보된다. 평상시에는 sliding 뚜껑을 고정시키는 잠금장치로 인해 뚜껑이 고정된다. 운반용기가 대차 위에 접속하여 핫셀리어도어에 부착되면 잠금장치의 버튼이 눌러져서 sliding 뚜껑의 잠금이 해제된다. 1차 격납경계는 운반용기 내부의 컨테이너가 되고, 2차 격납경계는 누설방지용 뚜껑이 되어 이중 격납을 유지한다. 운반용기의 이송을 위해 lift rig가 운반용기 중심부에 위치한다. 운반용기 상하부에는 낙하사고 시 충격흡수를 위한 충격완충체가 부착된다.

2.3 일반 운반용기

일반 운반용기는 본체를 공유하고 뚜껑을 교체하여 일반적인 방사성물질을 운반하는 용기로 사용하기 위하여 설계되었다. 일반 운반용기는 격납경계가 “회전 개폐형 핫셀 운반용기” 및 “상하 개폐형 핫셀 운반용기”와 다르다. 일반 운반용기의 구조는 다음과 같다. double O-ring이 본체와 뚜껑 사이에 존재하여 이중 격납을 유지한다. 대신 누설방지용 뚜껑은 없다. double O-ring 사이의 누설시험용 포트가 가공되어 있다. 뚜껑은 본체에

볼트로 고정되며 내부 캐니스터는 없다. 운반용기의 이송을 위해 lift rig가 운반용기 중심부에 위치한다. 운반용기 상하부에는 낙하사고 시 충격흡수를 위한 충격완충체가 부착된다.

2.4 접속시스템

다목적 핫셀 운반용기 3종 가운데 회전형 핫셀 운반용기의 접속시스템을 개발하였다. 개발된 접속시스템은 회전형 개폐장치를 이용한 핫셀 접속시스템으로 개략도 및 축소모델을 Fig. 2에 나타내었다. 개발된 접속시스템은 4톤 중량 운반용기 취급가능 이송 대차(대차, 회전개폐장치, 정렬장치, 접속레일, 모터), 리어도어(원형리어도어, 지지로울러) 및 운반용기 취급장치로 구성되어 있다. 개발된 접속시스템은 뚜껑의 개폐 중에도 지속적으로 차폐가 유지되며, 개방 후 내부이송경로를 제외한 공간의 차폐가 유지된다. 또한, 작업자의 방사능 피폭 저감, 내부이송경로의 불연속부 최소화를 통한 용기 진동 및 충격 저감 등의 장점을 가진다. 개발된 접속시스템의 축소모델을 제작하여 제작성, 작동성을 검증하였다. 이송대차의 하단부에는 4개의 정렬 레버가 있어 운반용기 뚜껑 상부면과 리어도어가 접속할 때 정렬이 잘 될 수 있도록 6개의 자유도를 조절할 수 있다.

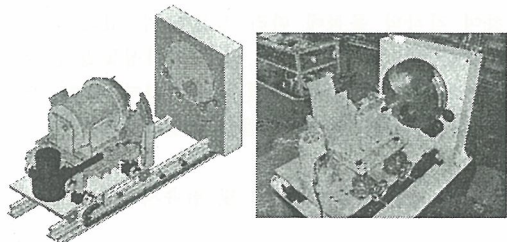


Fig. 2. Transport cart and connection system

3. 결론

신규 핫셀 운반용기 3종과 회전개폐형 핫셀운반용기의 접속시스템을 개발하였다. 개발된 운반용기 3종은 유한요소해석을 통해 건전성을 평가하였고 안전성 평가를 위한 시험을 수행할 예정이다. 1/2 축소 접속시스템이 제작되었고 작동성이 검증되었다. 개발된 다목적 운반용기 및 접속시스템은 각각 특허 출원 및 등록되었으며 향후 PRIDE 및 ESPF의 적용을 위해 인허가 과정을 진행 중이다.