

핫셀 운영을 위한 부속 설치물의 차폐능 평가

조일재, 국동학, 구정희, 정원명, 유길성, 이은표, 박성원

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

차세대관리 종합공정 실증시설의 핫셀 차폐벽은 중량콘크리트 재질로서 외벽의 두께는 90 cm 이상으로 설계되었으며, 차폐벽의 모든 부위는 이와 동일한 차폐능을 확보하도록 하여야 한다. 그러나 핫셀 운영을 위하여 불가피하게 설치되는 여러 가지 부속 시설물들에 의하여 원래 계획한 핫셀 차폐벽의 차폐능 저하를 가져오게 되며, 이런 부속 시설물로는 차폐 출입문, 방사성 물질을 핫셀 내부로 반입하거나 반출하기 위한 수송용기 접합부, 소형물 투입구, 슬리브 및 매설관 등이 있다. 본 연구에서는 부속 시설 설치에 따라서 차폐능 저하가 예상되는 부위에 대하여 보강 차폐체의 재질, 두께 및 치수를 결정하기 위한 차폐 계산을 수행하였으며, 차폐 계산 결과에 따라 핫셀 주요부위에 대한 차폐 설계를 완료하였다. 또한 폐용융염 및 방사성물질을 임시로 저장하기 위한 storage vault에 대한 차폐 설계를 수행하였다. 차폐 보강 재료로서 중량콘크리트, 납 등을 선택하여, 각 부위별로 핫셀의 방사선 선량 설계기준을 만족시키는 보강 차폐체의 두께를 결정하였다.

핫셀의 주요 부위에 대한 선량 평가 결과를 토대로, 핫셀에 설치되는 각 각의 부대설비에 따라 핫셀 설계 기준치를 모두 만족시키도록 설계에 반영하였으며, 본 결과는 핫셀 시설을 보강하기 위한 상세 설계 자료로 사용될 것이다.

1. Rear Door for Hot Cell

핫셀의 차폐벽에는 핫셀의 운영 및 운전을 편리하게 하기 위한 rear door 및 inter-cell door 등 차폐문이 설치되게 되며, 특히 문과 문틀 사이에 방사선 누출이 없도록 고려하여야 한다. Rear door 중앙에 핵물질의 반·출입을 위한 padirac transfer tube가 설치되게 되며, rear door의 주 차폐체는 차폐벽 후면과 두께를 맞추기 위하여 중량콘크리트로 설계되었다.

2. Penetrations

핫셀 운전에 필요한 배선, 급배수 설비 및 소화 설비 등 각종 유틸리티 공급에 필요한 penetration으로는 S자 및 L자형의 두 종류가 설치되게 된다. S자형은 핫셀의 전면부 및 후면부에 집합체 형태로 삽입되며, L자형의 경우 전면부 우측 가장자리에 설치되게 된다.

Penetration 위치에 따른 차폐능 저하 감소분을 보상하기 위한 납 차폐체의 두께를 결정하였다. Penetration의 경우 방사선이 관통을 따라 streaming될 확률이 존재하나, 실제 선원 위치를 고려한 결과 그 양이 미미한 것으로 평가 되었다.

3. Protection Screw

환기 덕트가 차폐벽을 관통해야 하는 경우 관통 부분에 차폐벽과 동일한 차폐능을 확보하거나 protection screw를 설치하게 되며, protection screw의 내부는 나선형 구조로서 납으로 제작된다. 본 시설에는 90 cm 및 70 cm 두께의 중량콘크리트에 해당하는 2가지 종류의 protection screw가

사용되며, 나선형 구조로 구성된 납의 두께를 26 cm 및 21 cm 2 종류를 사용한다.

4. Toboggan

핫셀 벽에 toboggan이 설치될 경우, toboggan 설치로 인해 생기는 공간을 통한 방사능을 차폐하기 위해 나선형 모양으로 설계를 하고 toboggan 주위를 납 보강 차폐한다. 본 시설에 설치 될 toboggan의 경우, helicoid 형태를 가지도록 설계되었으며, 차폐가 취약할 것으로 예상되는 부분은 각 각의 경우별로 나누어 차폐 해석을 수행하였다.

5. Storage Vault

실증시설 내에 차세대관리 종합공정에서 발생하는 금속우라늄 또는 폐용융염 등의 공정폐기물 등 고준위 방사성물질을 임시 저장하기 위한 storage vault가 M8a 및 M8b cell의 작업테이블 밑에 설치되며, 각 각 6개의 독립된 저장소로 구성되어 있다. M8a cell의 storage vault에는 직경 150 mm, 길이 250 mm의 원통형 캐니스터 12개를 저장할 수 있는 용량을 가지며, M8b cell의 storage vault에는 직경 150 mm, 길이 250 mm의 캐니스터 8개와 직경 150 mm, 길이 100 mm의 캐니스터 10개를 동시에 저장할 수 있는 용량을 가진다. Storage vault의 독립된 6개의 저장소 중 실증시험에서 발생하는 폐용융염은 0.5 batch(총 폐용융염 방사선원량의 1/10)씩 5개의 저장소에 들어가며, 나머지 한 개의 저장소에 5 batch 분량의 금속전환체가 저장된다고 가정하여 차폐 해석을 수행하였다.