

ACP 실증시설 핫셀 리어도어의 구조건전성 평가

구정희, 권기찬, 이은표, 정원명, 유길성, 정기정

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

한국원자력연구소의 차세대관리종합공정(ACP) 실증시설은 공정셀(process cell)과 유지보수셀(maintenance cell) 두 가지로 구성되며, 각 셀에는 한 개씩의 리어도어(rear door)가 설치된다. 이 시설은 지하에 건설되는 핫셀이기 때문에 각각의 셀별로 루프도어(roof door)가 설치된 일반 핫셀과는 달리 루프도어가 없다. 그러므로 실증시설에서의 모든 물품의 반출입에는 리어도어를 이용할 수밖에 없으므로 리어도어의 사용빈도가 그만큼 높을 것으로 예상된다. 따라서 리어도어에 대한 안전성은 차폐 및 밀봉에 대한 안전성뿐만 아니라 구조적 건전성의 유지가 매우 중요하기 때문에 본 연구에서는 유지보수셀의 리어도어를 기준으로 하여 리어도어 및 리어도어와 접속하는 핫셀의 리어도어 프레임 등의 안전성을 평가하였다.

ACP 핫셀의 리어도어는 철재 빔 구조물에 구동용 바퀴와 모터 등을 장착하고 외부의 철판 케이스 내부에 중콘크리트를 타설하여 제작하며, 차폐를 보완하기 위하여 일부분에 납 차폐체를 부착하여 차폐성능을 유지하도록 설계하였다. 리어도어는 높이 2,050 mm, 폭 1,100 mm, 두께가 1,000 mm로서 총 중량이 약 8.5톤에 이른다. 리어도어를 구속하고, 리어도어와 결합하는 프레임은 60 mm 두께의 플랜지와 앵글 구조물 및 이들을 서로 연결하고, 핫셀 벽면의 콘크리트의 거푸집 역할을 하는 철판 구조물로 구성된다.

ACP실증시설 핫셀 리어도어의 구조건전성 평가에서는 동적해석능력이 우수한 구조해석코드인 LS-DYNA 코드를 사용하였으며, 리어도어가 전진하여 리어도어 프레임에 결합되는 경우에 대하여 충돌-접촉 문제로 가정하여 평가하였다. Fig. 1은 리어도어의 유한요소 해석모델을 나타내고 있는데 총 절점 수는 37,362개이며, 7,853개의 셀요소와 31,114개의 솔리드요소로 모델을 구성하였다. 외부의 철재 케이스 등은 셀요소로 모델링하였으며, 내부의 납 차폐체, 두께가 두꺼운 철재 구조물, 그리고 콘크리트 등은 솔리드 요소로 모델링하였다. 핫셀의 벽면은 수평방향으로는 도어 프레임부에서 약 30 cm 떨어진 곳까지 모델에 반영하고 그 끝단은 변위를 구속하여 단단한 벽면에 고정된 것으로 가정하였고, 상하부는 바닥면과 천장에 붙는 벽면을 모두 모델링하고 그 끝단은 각각 바닥과 천장면에 고정된 것으로 가정하였다. 실제 콘크리트 벽면은 중콘크리트 내부에 철근 구조물이 가로와 세로 방향으로 매우 촘촘히 삽입되어 있어 콘크리트 자체의 강성보다 훨씬 높은 강성을 갖지만 본 해석에서는 콘크리트의 강도만을 갖는 것으로 가정하였다.

콘크리트와 철재 케이스는 서로 단단하게 결합된 상태로 가정하였으며, 리어도어의 프레임과의 접촉부시 충격을 흡수하는 고무 가스켓은 철재와 같이 단단한 것으로 가정하여 핫셀 벽면과 리어도어에 미치는 충격력을 매우 보수적인 것으로 가정하였다. 리어도어의 구동속도는 2.0 m/min(0.033 m/s)이나 보수적인 해석을 위하여 실제 구동속도보다 약 3배 빠른 0.1 m/s로 가정하였다.

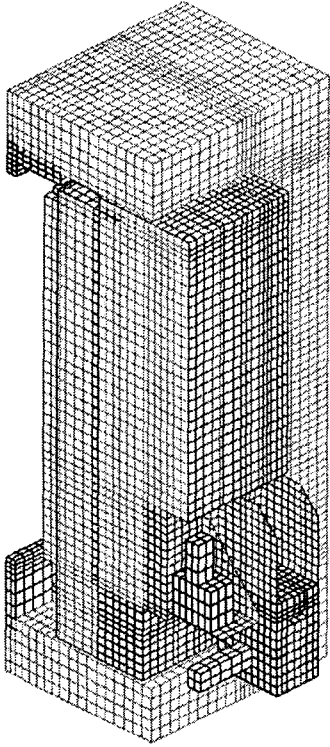


Fig. 1. 리어도어의 해석모델

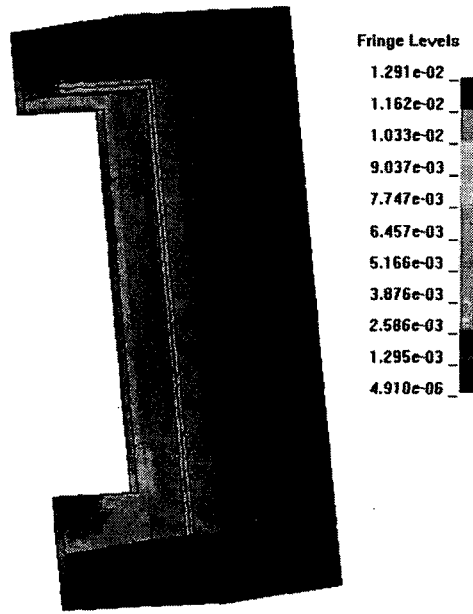


Fig. 2. 리어도어 프레임의 응력분포

해석결과 충돌이 발생할 때 프레임의 최대 변위는 0.10 mm로 거의 변위가 발생하지 않음을 알 수 있었다. 그리고 도어에 발생하는 최대 응력은 54 MPa이고, 도어의 철재 프레임에 발생하는 최대응력은 Fig. 2의 응력분포에서와 같이 13 MPa로서 구조적으로 충분히 안전함을 확인할 수 있었다.