

공학규모 ACP 시설의 사용후핵연료 인수구역 개념설계

구정희, 정원명, 권기찬, 이은표, 유길성, 윤지섭, 박성원
한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지
jhku@kaeri.re.kr

현재 운전중인 차세대관리종합공정실증시설(ACPF: Advanced spent fuel Conditioning Process Facility)은 20 kg/batch의 시설용량을 갖고 있는데, pilot 규모 단계로의 시설확대를 위한 scale-up 설계자료를 확보하기 위하여 개념설계를 수행중에 있다. 현재 공학규모의 ACPF 시설은 연간 10 ton-HM/yr 규모의 Module을 고려하고 있으며, batch당 용량은 200 kg-HM/batch 규모 Module 2기를 설치하는 것으로 가정하고 있다. 이러한 공학규모 ACPF는 사용후핵연료 수송용기 운반트럭이 진입하여, 수송용기를 하역하는 truck bay와 cask receiving area, 핫셀 및 작업공간, 유틸리티 공간, 출입 및 안전관리시설, 그리고 사무실 및 분석실 등으로 구성된다. 본 논문에서는 사용후핵연료 수송용기의 인수구역에 관한 개념설계 내용만을 다루고 있다. 공학규모 시설의 전체적인 크기를 결정하는 데 있어서 수송용기 인수구역의 설계는 전체 시설의 높이를 결정하는 가장 큰 요소라 할 수 있다.

우선 수송용기 인수구역의 크기를 설정하기 위해서, 기존의 수송이 진행중인 국내 원전의 현황을 고려하여 개념설계를 수행하였다. 현재 국내 원전에는 PWR 사용후핵연료 12다발 용량의 수송용기가 운전중에 있는데, 이 수송용기는 충격완충체를 포함해 직경 2.5m, 길이 5.7m의 제원을 갖는다. 충격완충체를 포함한 수송용기의 총중량은 85톤이다. 그러나 실제 운전중에는 사용후핵연료를 포함한 수송용기의 자체중량인 75톤의 수송용기를 인양한다. 이 수송용기를 운반하는 트레일러의 총길이는 15.1m이나, 트레일러를 끄는 트랙터의 길이를 포함한 총길이는 19.8 m, 폭은 2.9 m, 높이는 4.3m이다. 따라서 수송용기 인수시설의 설계에는 이 수송차량의 진입이 가능하기 위해 출입구의 크기를 폭 4.5m, 높이 6m로 설정하였으며, 인수구역의 최소 폭은 10m, 최소길이는 25m로 가정하였다. 이 크기는 수송용기가 공학규모 ACPF의 수송용기 인수구역 내에 들어와서 수송용기의 하역작업이 끝날 때까지 관리구역으로 분류되는 인수구역의 출입문을 닫고 작업을 하는 것으로 가정하고, 관련 취급장비 등의 보관 등을 위한 최소한의 여유 공간을 고려한 것이다.

한편 인수시설의 높이를 계산하여 보면 현재 사용중인 수송용기 및 차량의 제원을 평가해볼 때 바닥에서부터 트레일러 적재함 바닥까지의 높이를 1.1m, 수송용기 결속장치의 바닥부터 트러니온까지의 높이를 수송용기 최외곽 직경 2.5m의 1/2에서 프레임 자체의 높이를 약 40cm로 가정하여 고려하면 1.7m가 된다. 여기에 수송용기의 길이 약 5m와 수송용기 인양장치의 길이 약 3m, 그리고 수송용기 취급용 크레인의 훅(hook)의 최하단서부터 거더(girder)의 최상부까지의 자체 높이를 약 4m로 가정하면 총 높이는 약 15m 정도가 소요된다. 이 높이는 차량이 진입하는 바닥부터 인수시설의 천장까지의 내부공간의 치수를 나타내는 것으로서 수송용기의 설계와 취급장치의 설계에 따라 달라질 수 있는 치수이다.

한편 이와 같은 수송용기 인수구역에서 크레인에 의해 인양된 수송용기는 수송용기의 ACPF 시설로 반입하기 전에 제염작업이나, 뚜껑볼트를 해체하는 준비실로 옮겨져야만 한다. 이러한 준비실은 최소 수송용기의 직경과 작업자들의 작업 접근거리 및 작업공간 등의 치수를 고려하여 최소

치수를 약 4.5m로 고려하였다. 한편 이곳에서 핫셀로의 반입을 위한 준비작업이 마무리되면 수송용기를 핫셀내 반입을 위한 공간으로 이동하여 안착하여야만 한다. 이 공간은 수송용기의 자체 크기와 수송용기취급장치(cask lifting yoke)의 탈부착을 위한 공간을 고려한 치수를 확보하여야 한다. 이와 같이 수송용기가 차량으로부터 반입공간까지 이동하는 구역에는 천장형 크레인의 접근이 가능하여야만 한다.

따라서 본 시설의 설계에는 취급중량을 125톤으로 하고, 10m의 폭을 갖는 크레인을 고려하였다. 또한 ACPF 핫셀 공간의 효율성을 극대화하기 위해서는 수송용기가 air cell 하단으로 접속하여 수송용기 내부의 사용후핵연료를 인출하는 개념을 설정하였다. 따라서 공학규모 ACPF의 air cell의 최소 높이는 바닥에 접속된 수송용기에서 사용후핵연료를 수직으로 인출하는 4.2m 길이의 사용후핵연료의 길이와 인출장치의 운전공간을 고려하여야만 한다. 또한 수송용기의 뚜껑을 열 수 있는 약3톤 용량의 천장크레인과 핫셀내 장치 취급을 위한 power manipulator를 함께 설치할 경우, 운전의 편의성을 높이기 위해 주행레일을 2단으로 설치하며, 이들의 간섭 및 충돌을 예방하기 위한 여유공간을 노려하여 높이를 결정하여야만 한다. 현재 인수구역의 사용후핵연료의 취급에 관계된 제반 장치들을 고려한 내부공간의 개념설계가 더욱 더 심도 있게 진행될 예정이다.

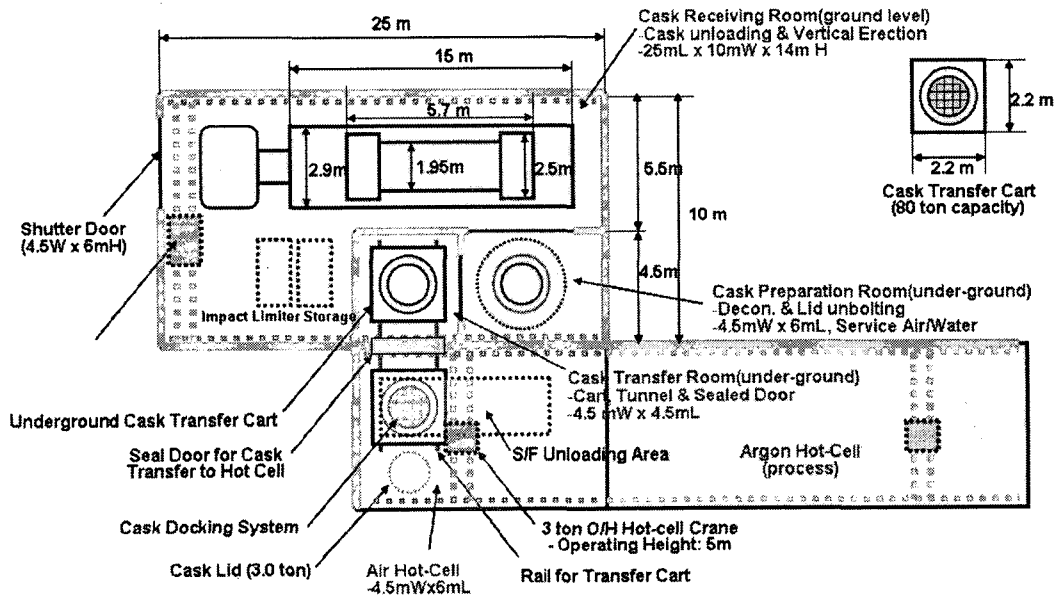


그림 1 Eng.-scale ACPF의 사용후핵연료 인수구역 개념도