

조밀건식저장시설 갠트리 크레인의 단일고장방지 적용기술

백창열, 장현기, 이대기

한국수력원자력(주) 대전광역시 유성구 장동 25-1

baegcy@khnp.co.kr

1. 서론

원전의 가동연한 증가에 따라 사용후연료 발생량도 꾸준히 증가하여 일부 발전소의 경우 기존 저장시설의 용량이 포화되고 있는 실정이다. PWR 사용후연료의 경우 저장용량 확보를 위해 저장 여유가 있는 인근 호기로 운반하여 저장하고 있으며, CANDU 사용후연료의 경우 월성원자력발전소 부지내에 별도로 운영중인 건식저장시설로 운반하여 저장하고 있다. 원전의 안전에 중요한 계통, 기기 및 구조물은 지진, 홍수 등의 자연 재해를 견딜 수 있도록 설계되어야 한다. 따라서 사용후연료를 취급하는 크레인도 지진 등 자연재해 시에 안전기능을 유지하여 사용후연료 또는 운반용기를 떨어뜨리지 않고 구조적 건전성을 유지하여야 한다. 사용후연료 등 운반물을 안전하게 취급할 수 있도록 안전성을 증가시키고, 하중이 걸리는 부분에 이중성 또는 다중성을 부여하여 취급설비의 신뢰성을 증가시키도록 한 것이 단일고장(사고)방지 기능이며 이를 적용한 크레인이 단일고장방지크레인(Single Failure Proof Crane)이다. 월성원전의 경우 사용후연료 저장공간을 추가로 확보하기 위해 조밀건식저장시설을 건설중이며, 이 시설중 사용후연료 운반용기 및 보조장치를 취급하기 위한 갠트리 크레인은 안전성을 고려하여 단일고장방지 기능을 적용하였다.

2. 본론

월성원전 사용후연료 조밀건식저장시설의 갠트리 크레인은 사용후연료 운반용기(Transport Flask)를 취급하기 위한 주 호이스트와 저장 및 장전 플러그, 안내공구(Guide Mechanism) 등 보조장치를 취급할 수 있는 보조 호이스트로 구성되며 전체 개요는 그림 1과 같다. 갠트리 크레인은 40톤(30톤/10톤) 용량으로 옥외에 설치되며 안전정지기준지진(SSE) 발생시에도 최대 임계하중을 떨어뜨리지 않고 유지하여야 하며, 브릿지와 트롤리는 제자리를 유지하여야 한다. SSE 발생 후에는 그 기능을 유지하지 않아도 되지만 구조적 건전성은 유지되어야 한다.

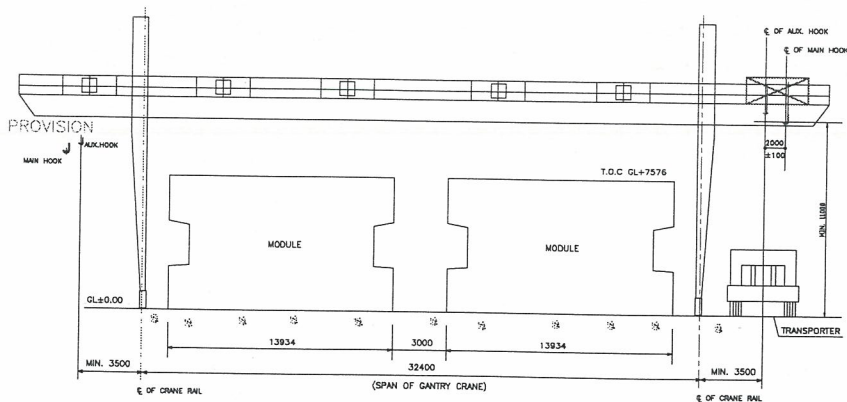


그림 1. 조밀건식저장시설 갠트리 크레인 개요도

2.1 일반요건

조밀건식저장시설의 갠트리 크레인은 주 호이스트와 보조 호이스트를 같은 트롤리에 설치하여야 하며, 운반용기와 플러그를 동시에 인양 하였을 때 간섭이 일어나지 않아야 한다. 크레인의 호

이스트는 이송중 전력상실 사고중에도 그 자세와 위치를 유지해야 하며, 크레인의 트롤리와 브릿지는 저장 모듈의 모든 지역으로 이동할 수 있어야 한다. 크레인은 대기위치에 있을 때 바람으로 인해 이동하는 것을 방지하기 위한 수동 대기 시스템을 설치하여야 한다. 장전 플러그 또는 저장 플러그를 취급하는 보조 호이스트는 운반용기를 취급하는 주 호이스트와 동시에 작동되지 않도록 연동장치를 장착하여야 한다.

2.2 단일고장방지 적용기술

갠트리 크레인은 NUREG-0554의 단일고장방지 요건에 따라 운영중 전력상실이나 기계적인 고장으로 인한 경우에도 하중을 안전하게 처리할 수 있는 크레인으로 주요 특징은 다음과 같다[1].

주 및 보조 호이스트는 ASME NOG-1에 따라 이중 구동 및 제동 장치(그림 2) 요건에 부합되어야 하며 비상시 하중을 내릴 수 있도록 하여야 한다[2]. 와이어 로프 감김(Reeving)장치(그림 3)는 운전 중 로프 파손시 수직 배열을 유지하고 하중을 두개 경로로 지지할 수 있도록 독립된 하중 경로를 가져야 한다. 제동장치는 호이스트 전동기가 정지하여 있을 때 인양하중으로 인한 미끄럼을 방지할 수 있어야 하며, 정격용량의 150% 이상을 견딜 수 있어야 하며, 와이어 로프가 끊어졌을 때 가동되는 비상 제동장치는 정격용량의 130% 이상을 견딜 수 있어야 한다. 지진 하중조합은 ASME NOG-1 Section 4140의 가혹한 환경과 극히 가혹한 환경의 하중조합에 의해 설계되어야 하며, 하중 영향은 ASME NOG-1의 Table 4153.7-1을 사용하여야 한다. 크레인에 부착된 주요 구성품은 SSE 중에 크레인으로부터 이탈되지 않음을 확인할 수 있는 해석이 수행되어야 한다[3].

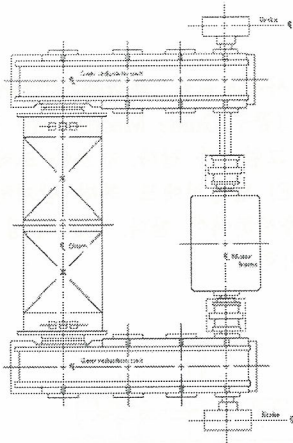


그림 2. 로프 구동 및 제동 장치(예)

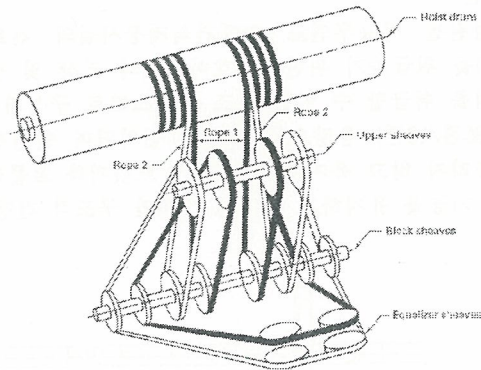


그림 3. 로프 감김장치(예)

3. 결론

월성원전 사용후연료 조밀건식저장시설의 갠트리 크레인은 사용후연료를 취급하기 위한 설비로 안전성을 증가시키기 위해 하중이 걸리는 부분에 이중성을 부여하고 주요 부품 설계시 안전율을 충분히 고려하였으며, SSE 발생시에도 최대 임계하중을 낙하시키지 않고 구조적 건전성이 유지되도록 단일고장방지기능을 적용하였다. 사용후연료에 대한 운반/저장의 필요가 꾸준히 증가하는 추세이므로 향후 추가되는 사용후연료 취급설비 또는 보강이 필요한 경우 원전의 신뢰성 제고를 위해 단일고장방지기능을 적용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] NUREG 0554, Single Failure Proof Cranes for Nuclear Power Plants
- [2] ASME NOG-1, Rules for Construction of Overhead and Gantry Cranes
- [3] 조밀건식저장시설 갠트리 크레인 기술규격서