

PRIDE 이동식 셀장치의 원격 유지보수 체계 및 고장 분석

한중희*, 조일제, 이종광

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

*jhan@kaeri.re.kr

1. 서론

PRIDE 이동식 셀장치는 아르곤셀 내부, 혹은 셀 경계에서 물질 또는 장치의 이송과 관련된 셀장치들로 셀 크레인, 대형 및 소형장치 이송시스템, 그라비티튜브 등이 있으며, 셀 크레인의 유지보수를 위한 크레인 취급 호이스트 등이 해당된다[1]. 이동식 셀장치들은 공정 운전과 직접적으로 연관이 되어 있으므로, 고장이 발생한 경우에 효과적으로 대응하기 위한 원격 유지보수 체계가 필요하다.

이동식 셀장치 중 소형장치 이송시스템, 그라비티튜브, 크레인 취급 호이스트는 아르곤셀 내부에 주요 구동부나 원격으로 유지보수 되어야 하는 대상이 거의 없으며, 고장이 발생한 경우 아르곤셀의 운영에 큰 영향을 주지 않으며, 셀 외부에서 직접적으로 대응이 가능하다. 반면 셀 크레인인 대형장치 이송시스템(LTL, Large equipment transfer lock system)은 여러 서브시스템으로 구성되어 있으며, 주요 구성품이 셀 내부에 위치해 있어 셀 크레인 및 LTL이 오작동할 경우, 공정 운전 및 셀 내부의 불순물 농도 등에 직접적인 영향을 끼치게 된다.

따라서 본 논문에서는 주로 셀 크레인 및 LTL에 대한 원격 유지보수 체계에 대해 기술한다. 이를 위해서 원격 유지보수 대상을 선정하고, 이들에 대한 점검 항목을 도출하였으며, 원격 유지보수 절차를 수립, 보완하였으며, 고장 수목을 통한 고장 분석 방법을 기술한다.

2. 셀 크레인의 원격 유지보수 체계 수립

2.1 셀 크레인의 원격 유지보수 체계 수립

셀 크레인의 원격 유지보수 대상은 트롤리, 보조 호이스트, 거더 주행 모터 등이 있으며, 개선된 장치를 기준으로 유지보수 절차를 수정하였다.

또한 보완된 절차에는 대상별로 크레인 취급 호이스트 및 MSM과 같은 주요 원격 유지보수 수단과 작업 중 시야확보 등에 대해 명시하였으며, 유지보수 대상이 크레인 취급 호이스트의 하부 중앙

에 위치했는지 여부, 인양 후크의 위치 확인 등 유지보수 진행 전, 중, 후에 필요한 점검 항목 및 조건 등을 명시하였다. 트롤리에 대한 원격 유지보수 체계는 Table 1과 같다.

Table 1. Remote maintenance of Trolley

유지보수 대상	내용 및 절차
주요 사전 점검 사항	<ul style="list-style-type: none"> 거더 및 트롤리가 크레인 취급 호이스트 하부 중앙에 위치했는지 확인 LTL에 트롤리 발착대 반입 (하부레이블 중앙에 위치) 셀 크레인 인양 후크 상단까지 이동 3중 작업장을 통해 시야 확인
원격 취급 장치 및 장구	크레인 취급 호이스트, 트롤리 발착대, MSM, RDSM
트롤리	<ul style="list-style-type: none"> 트롤리 인양 <ul style="list-style-type: none"> 크레인 취급 호이스트 하강 셀 크레인 트롤리의 인양고대에 크레인 취급 호이스트의 후크 체결 크레인 취급 호이스트 상승 각종 체결 부위 해제 확인: 커리클블록, 체결용 가이드 거더 주행 모터의 높이 이상 셀 크레인 거더 북쪽으로 이동 거더 구동 모터와 간섭 확인 트롤리 반출 및 반입 <ul style="list-style-type: none"> LTL 플랫폼 off 후 상부 lid 열기 크레인 취급 호이스트를 하강하여 발착대 반입된 트롤리 발착대에 트롤리 거더 MSM 사용하여 인양 지그와 체결 해제 크레인 취급 호이스트 상승
유지보수 절차	<ul style="list-style-type: none"> LTL 상부 lid 닫은 후 플랫폼 on 트롤리 반출 후 제형/유지 보수 리미트 스위치 강도 등 설정 확인 상구 또는 수리된 트롤리를 LTL을 통해 반입 LTL 플랫폼 off 후 lid 열기 트롤리 인양 <ul style="list-style-type: none"> 크레인 취급 호이스트 하강 크레인 취급 호이스트에 트롤리 인양 지그 체결 후 상단까지 상승 LTL lid 닫은 후 플랫폼 on 트롤리 거더에 설치 <ul style="list-style-type: none"> 셀 크레인 거더를 크레인 취급 호이스트 하단 중앙에 위치 크레인 취급 호이스트 하강하여 설치 설치 시 트롤리 운행 및 가이드된 등 결합에 주의 커리클블록의 체결 확인 트롤리 인양 지그 체결 해제 후 크레인 취급 호이스트 상승 전원 공급 후 작동 확인 운전

2.2 셀 크레인의 고장 분석 및 점검

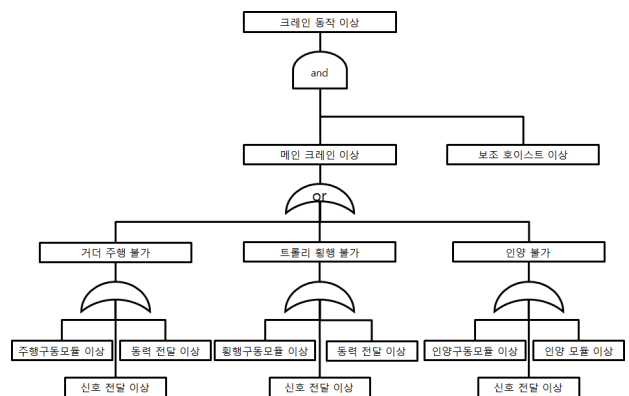


Fig. 1. Fault tree of in-cell crane.

셀 크레인의 고장이 발생한 경우 고장의 원인을 분석하기 위해 Fig. 1과 같은 고장 수목[2]을 작성하였다. 셀 크레인의 고장 이벤트는 크게 메인 크

레인 이상 이벤트와 보조 호이스트 이상 이벤트가 OR 게이트로 결합되어 발생할 수 있으며, 메인 크레인 이상은 다시 거더 주행 불가 이벤트, 트롤리 횡행 불가 이벤트, 인양불가 이벤트 중 한 가지에 의해 발생할 수 있다. 각 이벤트들은 다시 원인별로 상세하게 구분될 수 있으며, 위 그림에서 하부의 상세한 고장 수목은 생략되었다. 고장 수목을 통해서 고장이 발생한 경우 고장 원인인 기본 고장 이벤트를 분석할 수 있으며, 기본 고장이벤트의 고장 확률을 기반으로 셀 크레인의 전체 고장 확률을 다음의 식으로 추정할 수 있다.

$$F = 1 - (1 - F_1)(1 - F_2) \quad (1)$$

위 식에서 F , F_1 , F_2 는 각각 셀 크레인, 메인 크레인, 보조 호이스트가 고장날 확률이며, F_1 과 F_2 는 이들 이벤트의 하부 고장 이벤트들의 AND 또는 OR 게이트들의 결합으로 구성된다.

이 외에 셀 크레인의 일상 점검을 위해 제어시스템과 주행 및 인양시스템에 대한 점검 항목들과 운전 전, 후 점검을 위한 항목들을 도출하였다.

3. LTL의 원격 유지보수 체계 수립

3.1 LTL의 원격 유지보수 체계

LTL의 원격 유지보수 대상은 아르곤 클램프, 상부 lid 개폐호이스트, 열림 및 닫힘 판정용 리미트 스위치, 챔버 상부 오링 등이 있으며, 이에 대한 원격 유지보수 절차를 검토 보완하였다.

셀 크레인의 경우와 마찬가지로 유지보수 대상별로 주요 원격 유지보수 수단과 예비용 개폐호이스트 등 유지보수를 위한 준비물 및 점검 사항 등을 도출하였다.

3.2 LTL의 고장 분석 및 점검

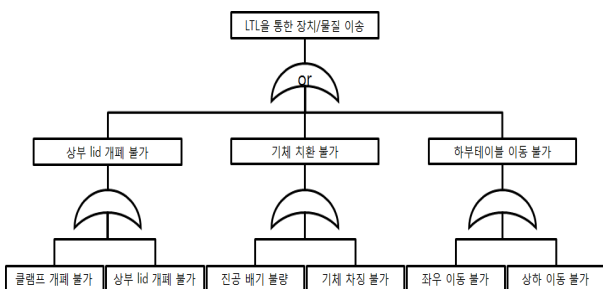


Fig. 2. Fault tree of LTL.

LTL을 통한 장치/물질 이송이 불가능한 경우는 하부테이블로 장치/물질을 이송할 수 없거나, LTL 챔버 내부의 기체를 치환하지 못하거나, 또는 상부 lid 개폐가 불가능할 경우에 발생한다. 이를 바탕으로 LTL에 대한 고장 수목은 Fig. 2와 같이 도출될 수 있다. 상부 lid 개폐시스템, 퍼징시스템, 하부테이블 이송시스템 중 하나에 고장이 발생할 경우 LTL의 기능에 이상이 발생하므로 세 서브시스템의 이상은 OR 게이트로 연결된다.

마찬가지로 위의 고장 수목을 통해 LTL의 고장 확률을 식 (1)과 유사하게 추정할 수 있으며, 고장이 발생한 경우 기본 고장이벤트를 추정하여 고장 원인을 분석할 수 있다. 하부 이벤트를 포함한 상세 고장 수목은 생략되었다.

LTL의 점검을 위해 유틸리티 부분, 기밀 성능부분, 이송장치 부분, 퍼징시스템, 제어시스템으로 나누어 각 시스템을 구성하는 부품에 대한 점검 항목들을 도출하였으며, 운전 전, 후에 대한 점검 항목을 정리하였다.

4. 기타 이동식 셀장치의 원격 유지보수 체계 수립

소형장치 이송시스템, 그래비티튜브, 크레인 취급 호이스트에 대해서도 원격 유지보수 절차 및 점검 사항들을 검토, 보완하였다. 특히 소형장치 이송시스템의 경우는 기존의 아르곤 클램프에 의한 자동 개폐시스템을 수동식 개폐시스템으로 변경된 사항들을 반영하였으며, 그 결과 원격 유지보수에 대한 절차가 간소화 되었다.

5. 결론

본 논문에서는 PRIDE 셀 크레인, 대형장치 이송시스템과 기타 이동식 셀장치의 원격 유지보수 체계 및 고장 분석 방법에 대해 기술하였다.

6. 참고문헌

- [1] 차세대핵주기 공정 실증시설 설계기술 개발, KAERI/RR-3414/2011.
- [2] 이상용, 신뢰성공학, 형설출판사, 1999.