

PRIDE 천장 크레인의 성능 및 원격 유지보수성 검토

한중희, 이은표, 조일제

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 989번길 111

jhan@kaeri.re.kr

1. 서론

PRIDE(PyRoprocess Integrated inactive DEMonstration facility)는 공학규모 파이로 공정 기술을 검증하기 위한 시설로, 2층에는 아르곤 분위기의 대형 모의셀(길이 40.3 m, 폭 4.8 m, 높이 6.4 m)이 설치되어 있다. 이 모의셀 내부는 사람의 접근이 제한되므로, 공정장치의 운전을 지원하고, 기밀을 유지하면서 셀 내로 공정물질 및 각종 유틸리티를 공급하기 위해 대형/소형장치 이송시스템, 크레인, 피드스루 등의 셀 장치들이 설치되었다 [1].

PRIDE 셀 장치 중 천장크레인은 셀 내에서 공정장치 설치 및 물질 이송 과정 중 중량물을 취급하거나, 공정장치 운전을 지원하기 위해 설치되었으며, 일반 산업 현장에서 사용되는 크레인과 기능적인 면에서는 동일하다. 그러나 사람의 접근이 제한되므로, 크레인 고장 등을 대비하여 주행 및 인양을 위한 모터들은 이중 모터 구조로 설계되었으며, 원격으로 유지보수가 가능하도록 설계되었다 [2]. 본 논문에서는 PRIDE 아르곤 셀에 설치된 천장크레인의 실제 성능을 확인하고, 원격 유지보수성에 대한 검토를 수행하였다.

2. 본론

2.1 천장크레인 개요

PRIDE 아르곤 셀에 설치된 천장크레인의 구조는 Fig. 1과 같으며, 크게 거더 프레임, 거더 주행 모터, 트롤리 (트롤리 주행 모터, 인양 호이스트), 보조 호이스트 등으로 구성되었다. 거더 및 트롤리 주행 모터, 인양 모터는 모두 이중 구조로 되어 있으며, 전원 등은 셀 벽의 피드스루를 통해 공급된다. 주요 사양은 Table 1과 같다.

Table 1. Specification of in-cell crane.

트롤리 크기 (LxWxH)		1.2 x 1.6 x 0.8 m
트롤리 무게		550 kg
인양 하중	메인	2.8 ton
	보조	1 ton

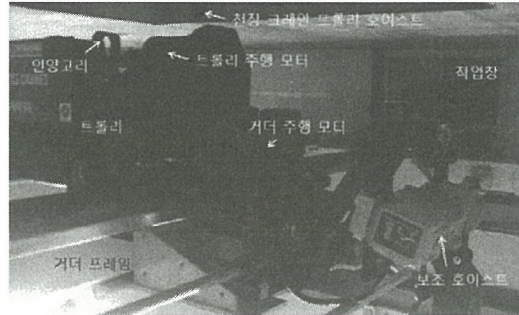


Fig. 1. Structure of in-cell crane.

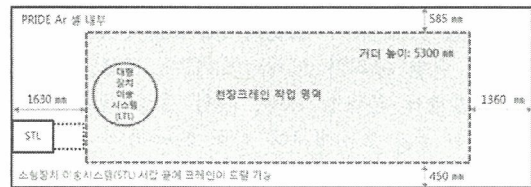


Fig. 2. Workspace of in-cell crane (red box).

2.2 천장크레인의 주요 성능

천장크레인은 사람의 접근이 제한된 셀 내에서 운용되므로, 주행 속도, 작업 영역 등의 성능을 정확히 파악하는 것이 중요하다. 공정 운전의 안전성을 위해 주행/횡행 속도는 1.7 m/min 이하, 인양 속도는 1.2 m/min 이하로 설계되었으나 [2], 실제 측정된 주행/횡행/인양 속도는 1.4/2.18/1.26 m/min로, 트롤리의 횡행 속도는 설계값을 상회하는 것으로 측정되었다.

한편 Fig. 2에서 붉은색 사각형은 천장크레인이 셀 내에 도달할 수 있는 영역을 나타내며, 셀의 가장자리에 도달하지 못하는 영역이 존재한다. 소형장치 이송시스템 (STL) 내의 물질을 천장크레인으로 반입하기 위해서는 조작기의 도움이 필요함을 알 수 있다.

2.3 천장크레인의 원격 유지보수성 검토

천장크레인이 기능을 유지하기 위해 원격 유지보수가 필요한 주요 대상은 트롤리, 거더 주행 모터, 보조 호이스트 등이 있다. 앞에서 언급했듯이,

트롤리 주행, 거더 주행, 메인 인양을 위한 모터들은 이중 모터 구조를 가지고 있으므로 주 모터가 고장 나더라도 보조 모터에 의해 동작이 가능하다. 보조 모터까지 고장 난 경우를 대비하여 원격적으로 유지보수가 가능해야 한다.

천장크레인 셀에 설치된 조작기의 도달 범위를 벗어나므로, 유지보수를 위해서는 3층의 작업장을 통해 시야를 확보한 상태에서 천장크레인 트롤리 호이스트를 사용해야 한다. (Fig. 1 참조) 천장크레인 트롤리 호이스트는 천장크레인 유지보수를 위해 설치된 셀 장치로, 상하 운동만 가능하며, 하부에 위치한 대형장치 이송시스템 (LTL)을 통해 유지보수 대상을 반출 혹은 반입하는 데 사용된다.

2.3.1 트롤리의 원격 유지보수성 검토

트롤리 주행 모터 혹은 메인 인양 모터의 유지보수가 필요할 경우, 트롤리 전체를 반출하여 유지보수를 하게 되며, 트롤리에는 Fig. 3(a)와 같이 인양을 위한 고리가 설치되어 있다. 또한, 트롤리를 레일에서 분리할 경우, 전원 공급 등을 위한 커넥터는 Fig. 3(b)에서와 같이 트롤리와 같이 분리되도록 설계되었으며, 결합 시에는 가이드 핀을 따라 자중에 의해 체결된다.

구체적인 유지보수 절차는 다음과 같다.

- 1) 크레인을 천장크레인 트롤리 호이스트 하단 중앙으로 이동 (작업장으로 확인)
- 2) 천장크레인 트롤리 호이스트로 트롤리 인양
- 3) 셀 우측으로 천장크레인 거더 이동
- 4) 천장크레인 트롤리 호이스트를 하강하여 트롤리를 받침대 (Fig. 3(c))에 올려 LTL로 반출
- 5) 셀 외부에서 유지보수 후 LTL로 반입
- 6) 천장크레인 트롤리 호이스트로 트롤리 인양
- 7) 천장크레인 트롤리 호이스트 하단 중앙으로 천장크레인 거더 이동
- 8) 천장크레인 트롤리 호이스트를 하강하여 거더 프레임에 트롤리 설치



(a) 인양고리 (b) 커넥터 (c) 받침대

Fig. 3. Remote maintainable designs for trolley.

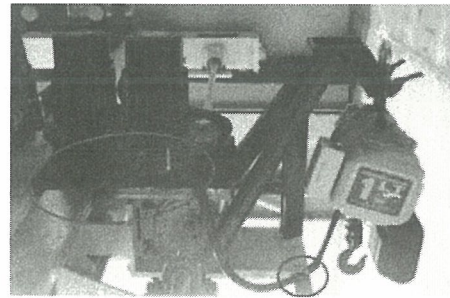


Fig. 4. Remotely unchangeable cables.

2.3.2 거더 주행 모터/보조 호이스트 원격 유지보수성 검토

거더 주행 모터 및 보조 호이스트는 Fig. 4와 같이 케이블이 거더 프레임에 고정되어 유지보수 시 분리되지 않아 원격적으로 유지보수가 불가능하다. 특히 거더 주행 모터는 분리할 수 있는 인양 고리가 없으며, 분리된다고 가정하더라도 거더를 우측으로 이동시킬 수단이 없어 LTL로 반출이 불가능하다. 따라서 거더 주행 모터를 유지보수하기 위해서는 셀 분위기를 공기로 치환한 후, 직접 유지보수 해야 한다.

3. 결론

본 논문에서는 PRIDE 대형 모의셀에 설치된 천장크레인의 실제 성능을 확인하고, 기능 유지를 위해 유지보수 대상에 대한 원격 유지보수성을 검토하였다. 검토 과정에서 발견된 문제점은 추후 설계 변경 등을 통해 개선될 예정이다.

4. 감사의 글

이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 시행하는 한국연구재단의 원자력기술개발사업으로 지원받았습니다.

5. 참고문헌

- [1] 조일제 외. 한국방사성폐기물학회, 2012년 춘계학술대회 논문요약집, pp.153-154, 2012.
- [2] 차세대핵주기 공정 실증시설 설계기술 개발, KAERI/RR-3414/2011.