

## 원자력 환경의 원격작업용 이송장치 개발

### Transport System for Remote Handling Tasks in Nuclear Environment

\*#이효직, 이종광, 박병석, 유승남, 김기호

\*\*H. J. Lee (hyojik@kaeri.re.kr), J. K. Lee, B. S. Park, S. N. Yu, K. Kim

<sup>1</sup>한국원자력연구원 핵주기시스템공학기술개발부

Key words : Bridge transport system, Remote handling, Nuclear environment, Pyroprocessing technology

#### 1. 서론

한국원자력연구원은 누적되는 사용후핵연료의 효율적인 재활용을 위해 파이로프로세싱 기술을 개발중에 있다. 파이로프로세싱이란 고준위 사용후핵연료에서 다시 핵연료 물질을 뽑아내는 재활용 기술이다. 습식처리기술과는 달리 건식처리 기술인 파이로프로세싱 기술은 공정의 특성상 플루토늄을 단독으로 분리할 수 없어 핵 비확산성이 상당히 보장되는 기술이다. 이러한 파이로 프로세싱 기술의 종합적인 실증(demonstration)을 위해 한국원자력연구원에서는 2010년부터 PRIDE (Pyroprocess Integrated inactive DEMOstration facility) 건설을 시작하였고 2011년말까지 공정장치와 이를 취급할 수 있는 각종 원격취급 장비들을 설치할 예정이다. PRIDE는 알곤 분위기 셀로 밀폐되어 있어 사람이 접근할 수 없으므로 모든 운전 및 유지보수 작업은 원격장비를 사용하여 이루어진다. 대표적인 원격취급 장비는 벽부착형 기계식 조작기이며, PRIDE 셀 내부에 설치되는 장비로는 천장이동 서보조작기가 있다. 벽부착형 기계식 조작기는 제한된 작업영역을 갖는데 반하여, 천장이동 서보조작기는 천장이동장치에 의해 서보조작기를 셀 내부의 원하는 곳으로 이동할 수 있어 셀 내부의 거의 모든 공간을 작업영역으로 갖게 된다. 천장이동장치는 셀 내부의 위쪽에 설치되어 셀의 길이방향, 폭방향, 높이방향 및 회전 움직임을 갖는다. 또한 서보조작기 양팔에 전달되는 각종 신호 및 전력 공급을 위한 케이블을 효율적으로 관리하는 케이블 관리시스템을 갖는다. 고장시 대비를 위해 모든 구동부는 클러치를 사용하여 이중화 구조로 설계가 되었으며, 중대고장시 셀 밖으로 이동이 가능하도록 설계가 고려되었다. 현재 천장이동장치 시작품이 PRIDE를 모방한 목업시설 내

에 설치되어 조작기와 함께 운전 및 성능평가 되고 있으며, 우수한 성능을 나타내고 있다. 현재 이를 약간 수정하여 PRIDE 실증용 천장이동장치를 제작중이며 연말에 PRIDE에 설치될 예정이다.

#### 2. 천장이동장치

PRIDE 천장이동장치는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 거더, 트롤리, 텔레스코프, 회전인터페이스로 나뉜다. 거더는 천장이동장치 전체를 셀의 길이(주행)방향으로 이동시키며, 트롤리는 거더 위에 설치된 레일 위에서 트롤리 이하 전체를 셀의 폭(횡)방향으로 이동시키며, 텔레스코프는 회전인터페이스 이하부를 수직방향으로 이동시킨다.

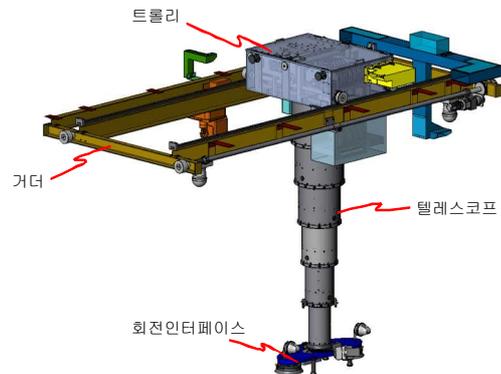


Fig. 1 Configuration of bridge transport system

천장이동장치의 특징중 하나는 모든 구동부가 이중화되어 있어 장치의 기대수명이 길고, 유지보수 측면에서 고장시 대비가 가능하다는 점이다. 그 예로 Fig. 2에 트롤리 내부에 설치되어 있는 권양 구동부를 보여주고 있다.

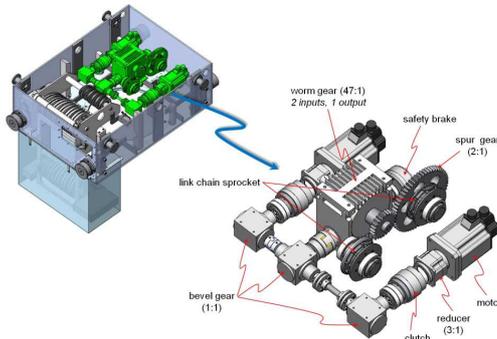


Fig. 2 z축 권양 구동부의 이중화 메커니즘

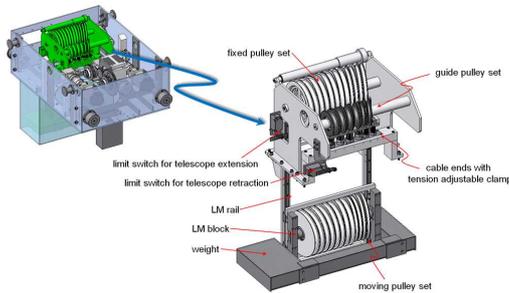


Fig. 3 케이블관리시스템의 구조

서보조작기에 전력공급 및 신호전달을 위해 케이블이 텔레스코프를 통해 트롤리 박스의 커넥터에서 회전인터페이스의 커넥터까지 연결되는 데, 텔레스코픽 모션 즉, 텔레스코프의 신장 및 수축에 의한 케이블 길이의 동기화를 위한 메커니즘이 적용되었다. 천정이동장치의 텔레스코프는 6 단 동일신축형 메커니즘으로 설계되었고, PRIDE의 제한 조건을 만족시키기 위한 최적설계 방법이 적용되었다[1,2].

### 3. 천정이동장치의 성능

제작된 천정이동장치는 PRIDE 목업시설에 설치되어 구동성능 평가를 수행하였고, 다음 Table 1과 같은 사양을 갖는다. 천정이동장치의 제어반은 PLC를 이용한 상위제어기와 속도모드로 동작하는 하위 제어기를 갖는다. 계단 속도입력에 대한 응답 곡선을 Fig. 4에 나타내었다. 실험결과 출발구간과 정지구간에 잔류진동이 발생함을 알 수 있는데, 실제 회전인터페이스에서 잔류진동이 제일 크다는 것을 알 수 있고, 이는 서보조작기에 영향을 미칠 수 있으므로 적당한 가감속 패턴을 갖는 입력

이나 성형제어입력(shaped input)을 사용하여 잔류진동을 줄일 수 있다.

Table 1 Specification of bridge transport system

stroke	traveling speed	transversing speed	telescoping speed
2,000 mm	11 m/min	9.4 m/min	2.1 m/min

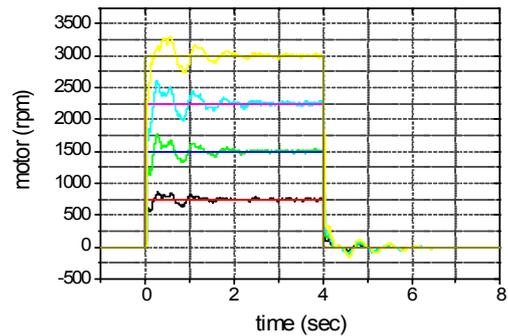


Fig. 4 계단입력에 대한 모터응답곡선

### 4. 결론

PRIDE라는 가혹한 원자력환경에서 사용될 원격작업을 위한 천정이동장치의 설계, 제작, 성능평가를 수행하였다. 창의적이며 신뢰성 있는 설계방법이 적용이 되었고, 성능평가에서도 좋은 성능을 보였다. PRIDE 실증용 천정이동장치는 파이프프로세싱의 원격운전을 위해 꼭 필요한 장비이며 일부기술은 민간기업에 기술이전되었다.

### 후기

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 원자력연구개발사업 연구임.

### 참고문헌

1. 윤광호, 이효직, 이종광, 박병석, 김기호, "동일신축 텔레스코픽모션을 갖는 천정이동장치 설계," 대한기계학회논문집 A권, 34, 227~235, 2010.
2. Lee, H. J., Lee, J. K., Park, B. S., Kim, K., and Kim, H. D., "Development of a Bridge Transport System with Telescopic Motion," CARPi 2010, Montreal, Canada, Oct. 5-7, 2010.