

텔레스코픽 구조를 갖는 천정이송장치설계

윤광호, 이효직, 이종광, 박병석, 김기호
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150
khvoon525@kaeri.re.kr

1. 서론

한국원자력연구원에서는 Pyroprocess 기술을 종합적으로 평가하기 위한 Mock-up 시설인 PRIDE(PyRoprocess Inactive DEmonstration) 시설을 건설할 예정이다. 이 시설은 일련의 Air cell로 구성되는데, 원격 운전 및 유지보수 작업을 위하여 다수의 원격조작기가 요구된다. 원격 운전 및 유지보수 작업을 위하여 PRIDE 시설 안에는 천정이동 양팔서보조작기(BDSM: Bridge transported Dual arm Servo Manipulator)와 벽이동 양팔서보조작기(HDSM: Horizontally moving Dual arm Servo Manipulator), 이송장치, 크레인 등을 설치할 예정이다. 전체 시스템 중에서 BDSM은 거의 완료가 되어 있고, 현재 BDSM 시스템을 부착하여 셀 안에서 수직(z-축), 트롤리방향(y-축), 주행방향(x-축)으로 이동시킬 수 있는 천정이송장치가 개발 중에 있다. 이 시스템은 크게 텔레스코픽 튜브, 전력 및 신호 케이블관리 시스템 그리고 트롤리 시스템으로 나뉜다. 텔레스코픽 튜브는 BDSM이 셀바닥까지 닿을 수 있을 만큼 신장해야하며, 공정장치의 상부를 조작할 수 있을 만큼 신축이 가능해야 한다. 텔레스코픽 튜브 설계시 중요한 요소는 튜브가 최대한 신장시에 흔들림이 최소화 되는 구조이어야 하며, 튜브는 BDSM과의 탈부착을 위해 신장과 신축이 모두 동력에 의하여 작동되어야만 한다. 또한 BDSM이 구동할 수 있도록 전력과 신호의 선들을 관리해야하는 시스템이 있어야 하며, HDSM이 갖고 있는 사각지대(Dead-zone)를 커버할 수 있도록 움직여야 한다. 그리고 일부 모듈에 대하여 원격 유지보수가 가능한 설계가 필요하다.

현재 원자력 기반 시설에 사용되는 텔레스코픽(ACPF, PaR System) 붐의 구조는 신장이 자중에 의하여 동작하는 구조이며, 신축은 동력에 의하여 작동된다. ACPF의 튜브는 동일 신축방식이 아닌 반면, PaR System 튜브 경우는 동일 신축방식으로 편하중을 받을 때 ACPF의 튜브 보다 강인한 구조를 가지고 있다.

본 논문에서는 PRIDE 시설내에서 원격운전을 하게 될 BDSM에 전원과 신호를 공급하게 될 케이블관리 시스템과 신장 신축이 한개의 동력을 가지고 동작하는 텔레스코픽 튜브, 그리고 그것을 이동시키는 트롤리 시스템 설계에 대하여 논의한다. PRIDE 시설이 갖는 제약조건하에 텔레스코픽 튜브의 신축시 발생하는 전력 및 신호 케이블의 길이 변화에 대해 효과적으로 관리할 수 있는 케이블 관리 시스템과 비선형계획법문제(nonlinear programming Problem)의 최적화방법을 이용하여 튜브의 길이 및 단의 개수를 결정하고, 감속을 이용한 신장과 신축을 한개의 구동부로 동작하는 메카니즘을 설계하였다. 또한 신장 신축에 쓰이는 와이어 로프는 튜브 안쪽으로 배치하여 외부의 충격으로부터 보호할 수 있고, 텔레스코픽 튜브의 최대 신장시 흔들림이 최소화 할 수 있도록 설계하였다.

2. 텔레스코픽 구조 천정이송장치 설계

다음 그림 1 은 PRIDE 시설의 내부측면도이다. 이 시설내에 Pyroprocess에 쓰일 장비들이 들어갈 예정이고, 각 장비들의 최대 높이들은 2,500 mm로 제한한다. 텔레스코픽 튜브의 구동 와이어로프(wirerope)는 1,000 kgf의 하중을 견디도록 설계 (양팔조작기 300 kgf + 동작 튜브일체 200 kgf + 각종 톨 및 유효하중 500 kgf 가정) 한다. 안전계수 3배를 고려하면, 텔레스코픽 튜브의 신축시 관여하는 와이어로프의 과단하중이 3,000 kgf 이상이 되도록 설계한다. 와이어로프 도르래(sheave)의 직경은 와이어로프 직경의 18 배 이상으로 함과 동시에 튜브의 전체크기를 줄이는 방향으로 설계한다. 스트로크는 대략 2,000 mm 기준으로 설계한다.

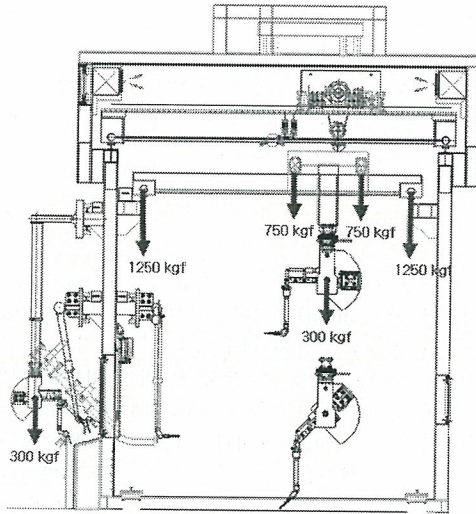


그림 1. PRIDE 시설의 내부 측면도

표 1은 천정이송장치의 목표 속도 및 설계 하중을 나타낸다. 이 정보를 가지고 모터 선정 및 감속기 선정을 한다.

표 1. 천정이송장치의 속도 및 주행거리

	주행	횡행	수직(스트로크)
거리(mm)	40,000	3,000	2,000
속력(mm/sec)	~167 (10 m/min)	~167 (10 m/min)	~67 (4 m/min)
하중	2.5 tonf	1.5 tonf	1 tonf

양팔조작기로부터 제일 아래단 튜브의 접속 커넥터를 통해 연결되는 파워 및 신호 케이블은 모두 4 가닥이며, 선경은 21 mm 이다. 추가로 카메라를 위한 파워 및 신호 케이블 1 가닥 또는 2 가닥이 아랫단 튜브의 접속 커넥터를 통해 연결될 수 있다. 텔레스코픽 튜브의 설계는 튜브가 신축함에 따라 케이블의 길이변화가 생기는 데, 이는 고정도르래와 작동도르래로 이루어진 케이블 관리 시스템에서 길이변화를 수용할 수 있다. 이에 대한 설계 방안으로 고정도르래 1 개, 작동도르래 1 개를 쓰는 방법으로 설계한다. 대신 폴리의 홈(groove)의 개수는 케이블 개수의 두 배이다. 케이블을 두 번 감게 되면, 전체 스트로크의 1/4만 작동풀리가 움직이면 되므로, 케이블 관리 시스템의 높이(height)를 줄일 수 있다.

3. 결론

텔레스코픽구조를 갖는 천정이송장치는 현재 상세 설계중에 있으며, 2009년 까지 제작을 완료할 예정이다. 2009년 말에는 제어시스템을 제작하여 PRIDE 시설에 설치할 예정이다.

사 사

본 연구는 교육과학기술부의 원자력 연구개발사업의 일환으로 수행되었습니다.