

PYRO MOCK-UP 시설의 셀간 이송시스템 설계를 위한 구조해석

권기찬, 이은표, 정원명, 구정희, 홍동희, 이원경, 조일제, 유길성

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

kiechankwon@kaeri.re.kr

한국원자력연구원에서는 파이로공정(pyroprocess)의 실증을 위한 Pyro Mock-up 시설(PMF)을 설계하고 있으며, 현재 개념설계를 완료하였다. PMF는 크게 전처리 공정장치들이 설치되는 공기분위기 셀과 주 공정장치들이 설치되는 아르곤분위기의 셀로 구성되며, 이들 모의셀은 시설의 2층 공간에 건설된다. 1층 공간에는 각종 설비들이 위치하며, 특히 두 모의셀의 경계 하부에는 Fig. 1과 같이 셀간 이송시스템이 설치된다. 이 장치는 두 모의셀 사이에 규모가 큰 장치나 물품들을 이송하기 위한 것으로, 각 셀에서는 바닥에 수직 접속을 하고 1층 바닥에서는 수평이동을 하도록 설계되었다. 또한 셀간 이송시 주 공정셀의 아르곤분위기를 유지하기 위해 본 장치가 접속되는 셀의 바닥에는 아르곤 기체의 유입이 가능한 lock chamber 구조를 가지며, 상부와 하부 플랜지는 가스켓에 의한 밀폐구조로 설계되었다. 최대 인양하중은 3톤이며, 이로 인한 장치의 구조적 변형은 장치의 안전성 및 기계적 구동에 영향을 주므로 설계시 고려되어야 한다. 본 논문에서는 셀간 이송시스템의 구조적 안전성에 대한 유한요소해석 결과를 제시한다.

유한요소해석 모델은 Fig. 2와 같으며, 이송장치의 크기는 약 $3\text{m} \times 3\text{m} \times 3\text{m}$ 이다. 전체적으로 H-형강($100 \times 100 \times 6 \times 8$)으로 지지되는 구조이며, 물품이 놓여지고 lock chamber와 접속되는 판재는 H-형강 구조에 용접되고 두께는 10 mm 이다. 상하 구동은 볼나사 장치에 의해 이루어지며, 여기서 나사축의 지름은 34.4 mm 이다. 나사축의 굽힘 변형으로 인해 장치의 구동에 문제가 발생할 수 있으므로 측면에 L-형강($100 \times 100 \times 10$)을 추가적으로 설치하였다. H-형강과 L-형강 그리고 나사축은 빔(beam) 요소를 사용해 모델링하였으며, 판재는 쉘(shell) 요소로 모델링하였다. 그리고 각 부재의 접합부는 서로 고정된 것으로 모델링하였다. 최대 인양하중이 3톤이므로 이를 판재에 분포하중으로 적용하였고, 장치의 자중도 고려하였다. 장치 바닥에 바퀴가 위치하는 부분의 절점들은 고정변위 경계조건을 적용하였다. 또한 수직 구동시 인양부의 위치에 따라 나사축을 비롯한 구조물의 변형이 달라질 것이 예상되므로, 인양부의 위치를 전체 높이 H의 1/4 씩 증가시키면서 해석을 수행하였다. 유한요소해석을 위해 상용코드 ABAQUS를 사용하였으며, 재료거동은 선형탄성을 가정하고 비선형 정적해석을 수행하였다.

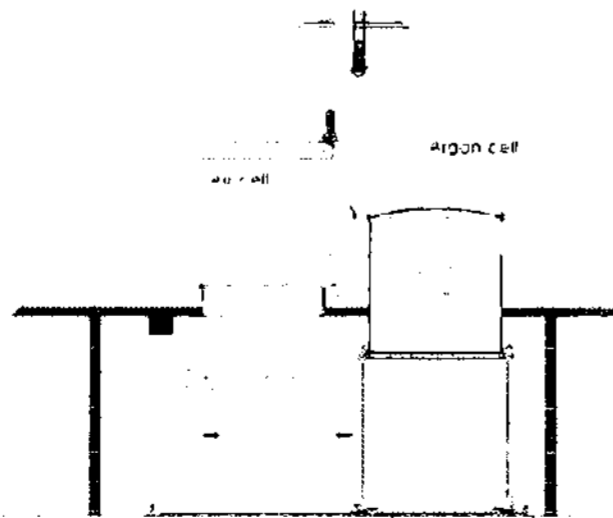


Fig. 1 Conceptual drawing of transfer lock system

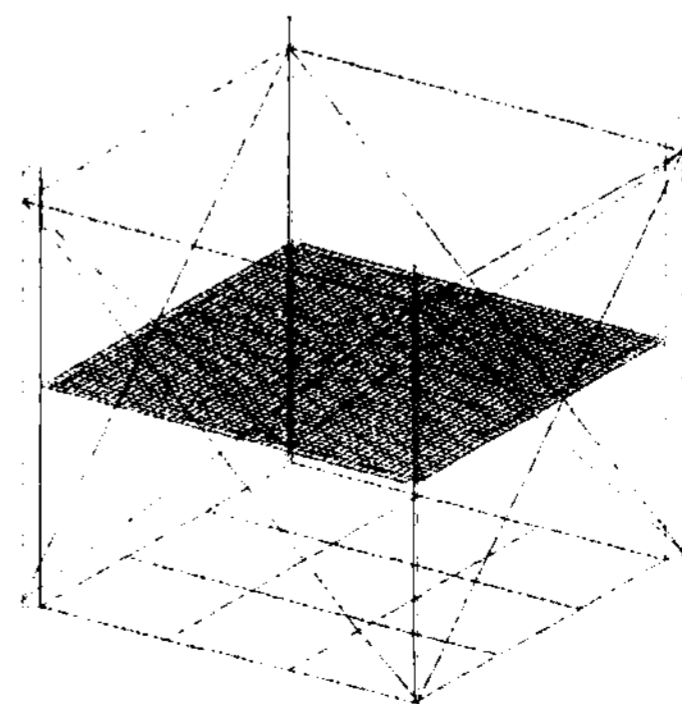


Fig. 2 Finite element model

해석을 통해 얻어진 각 부재의 최대 변위 및 von-Mises 응력을 Table 1에 수록하였다. 여기서 인양부의 위치가 최상부에 있을 때 나사축에서 발생하는 변형 및 응력이 최대임을 알 수 있다. Fig. 3은 이때의 변위 및 응력분포를 보여준다. 다른 부재들에서 발생하는 변위 및 응력은 인양부의 위치에 따라 크게 변하지 않는다. 최대 변위는 6 mm 이하로 인양부의 판재와 판재의 밑면에 용접된 H-형강에서 발생하고, L-형강의 변위는 1 mm 이하로 거의 발생하지 않는다. 또한 각 부재의 최대 응력은 항복응력보다 작은 수준을 유지하고 있고, 나사축의 최대 변위가 2 mm 이하이므로 장치의 구조적 안전성 및 기계적 구동성에 큰 영향이 없음을 알 수 있다.

Table 1 Maximum displacement and von-Mises stress

Vertical position	Shaft		H-beam		L-beam		Plate	
	Disp.	Stress	Disp.	Stress	Disp.	Stress	Disp.	Stress
1/4 H	1.4 mm	53 MPa	4.6 mm	50 MPa	0.7 mm	65 MPa	5.4 mm	23 MPa
1/2 H	1.1 mm	32 MPa	4.6 mm	51 MPa	0.7 mm	67 MPa	5.5 mm	23 MPa
3/4 H	1.6 mm	45 MPa	4.7 mm	50 MPa	0.7 mm	70 MPa	5.5 mm	23 MPa
H	1.8 mm	91 MPa	4.6 mm	48 MPa	0.9 mm	67 MPa	5.4 mm	22 MPa

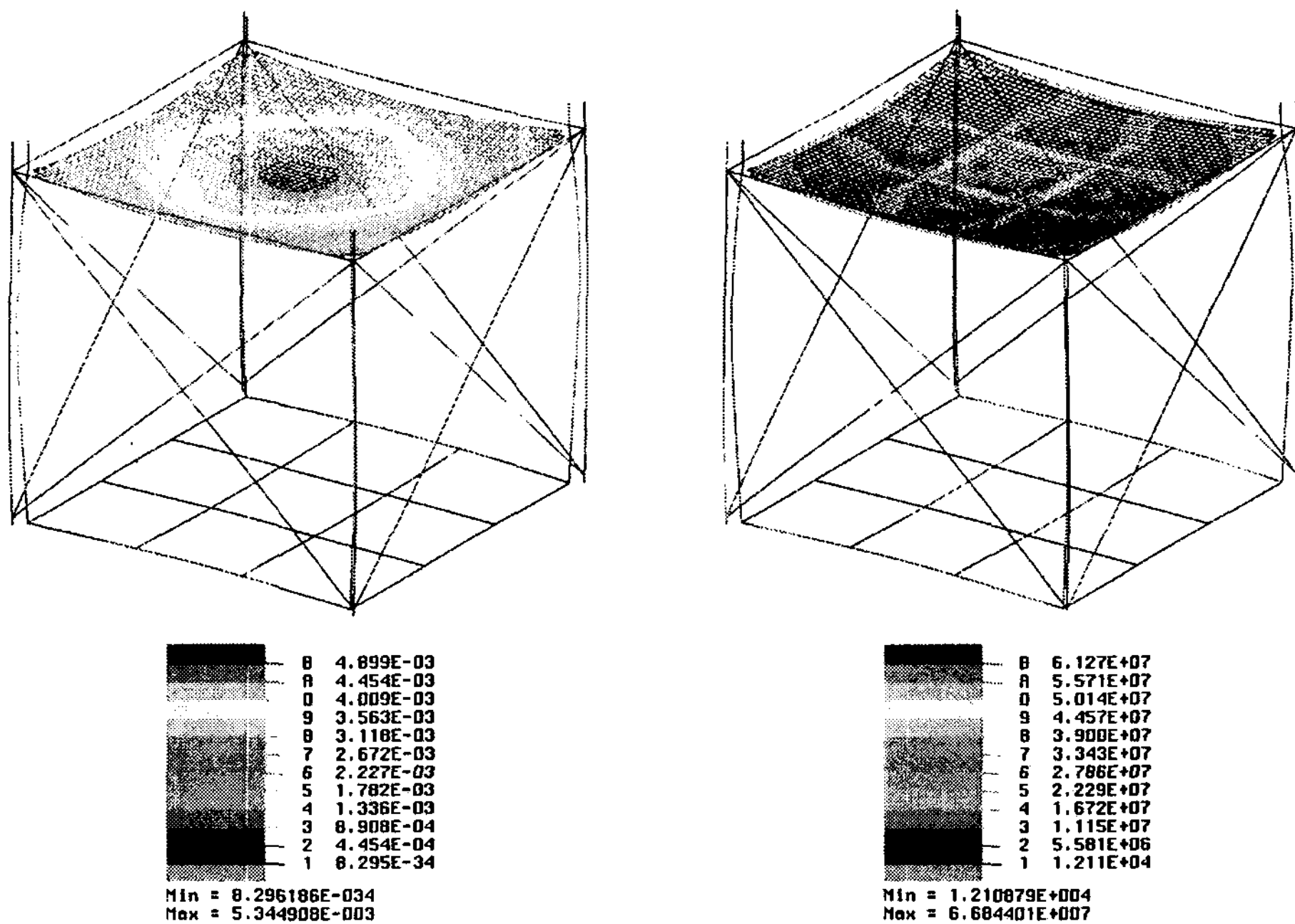


Fig. 3 Displacement and von-Mises stress results of finite element analysis