

## PRIDE 시설의 원격장비 설계요건 및 운전/유지보수 공간분석

김성현, 박희성, 이효직, 이종광, 박병석, 김기호  
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지  
[hyun@kaeri.re.kr](mailto:hyun@kaeri.re.kr)

### 1. 서론

공학규모의 Pyroprocess 공정을 일괄공정으로 실험하기 위한 파이로 종합시험시설(Pyroprocess Integrated Demonstration)시설을 설계 중에 있다. Pyroprocess 공정의 목표에는 크레인, 원격조정기(Mechanical Master-Slave Manipulator) 및 서보매니퓰레이터 등과 같은 원격취급 장비가 설치된다. 현재 설계되는 파이로 종합시험시설은 기존의 건물의 안에 PRIDE 목업이 설치되는 구조로 공간이 매우 한정되어 있다. 공정장치, 원격취급 장비 등의 동작 및 공간분석을 위해서 3차원 캐드 데이터를 이용한 가상시제(Virtual Prototyping) 기술을 사용하고 있다. 본 논문에서는 3차원 디지털 목업을 구축하고, 이를 활용하여 원격장비 설계 요건을 분석하고 운전/유지보수 작업에 대한 공간분석을 수행하여 시설내의 원격장비설계요건 및 작업공간을 분석하고자 하였다.

### 2. 원격장비의 설계요건 및 공간분석

파이로 종합시험시설은 단일 셀로 구성된 목업을 그림 1 과 같이 상세 설계 중에 있다. 파이로 종합시험시설의 셀은 아르곤 분위기를 갖으며, 내부크기는 40(L) x 4.8(W) x 6.4(H)m 의 크기를 갖는다. 이 셀 내에는 4 개의 주요 공정(전해환원, 전해정련, 전해 제련, 염 폐기물)이 설치될 예정이다.

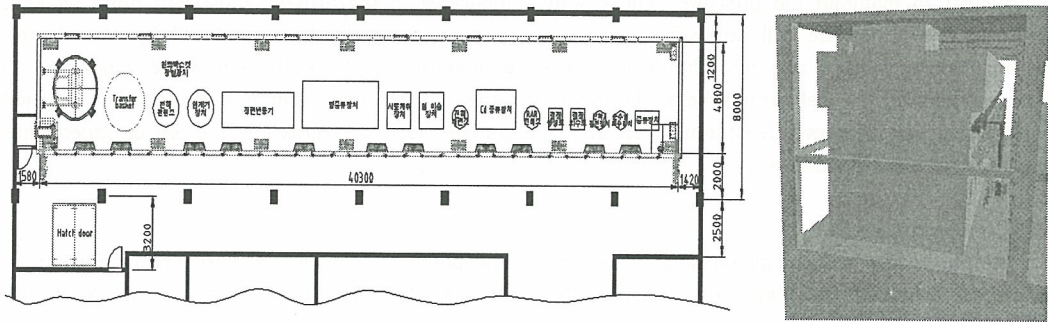


그림 1. 파이로 종합시험시설 개념도

#### 가. 3차원 물체 모델링

가상시제 기술을 사용하기 위해서는 모든 물체를 3차원 캐드 데이터로 모델링하고 이를 이용하여 분석을 수행한다. 목업 시설에 사용되는 원격 취급 장비, 공정장치, 시설 등에 대하여 3차원 캐드 모델링을 하기 위해 시설, 크레인, BDSM 등은 개념설계와 제작도면을 이용하여 모델링을 수행하였고 원격조정기는 제작사의 제원을 이용하여 모델링을 수행하였다. 모델링된 장치 및 시설의 자료들은 가상환경에 배치하였고, 동작을 하는 장비들은 동작할 수 있도록 기구학 및 동작에 대한 속성을 부여하였다.

#### 나. 원격장비 설계 요건분석

공정장치를 조작할 수 있는 높이는 원격조정기의 작업영역과 작업자의 시야에 따른 밀접한 관계를 갖는다. 원격조정기의 설계요건은 작업높이(operating height)에 따라 셀 내의 작업가능 요건을 만족하여야 한다. 파이로 종합시험시설에서의 셀에서 사용이 가능한 원격조정기를 두 가지 모델을 대상으로 모델링하고 셀 내에서의 원격조정기의 작업영역을 분석하여, 파이로 종합시험시설에 설치되는 원격조정기는 3.05m에 설치되고 통(tong)이 셀 바닥까지 도달할 수 있는 설계요건을 도출하였다.

목업에 설치되는 원격조정기는 셀 벽에 설치 및 유지보수를 위한 일반적인 방법으로써 운전구역에서 슬레이브 매니퓰레이터를 목업 안으로 수평으로 넣고 빼는 방법을 사용한다. 이 경우에는 운전구역의

폭이 4m 이상의 공간을 확보해야 한다. 그러나 그림 2 와 같이 현재 원격조정기가 설치될 높이에서 운전구역의 폭은 약 1.5 m이다. 따라서 마스터, 튜브, 슬레이브의 3부분으로 분리된 원격조정기를 목업에서 조립/설치할 수 있는 구조의 원격조정기가 선정될 예정이다. 셀 내에 설치된 원격조정기는 고장 날 경우를 대비하여 유지보수를 원격으로 분리될 수 있는 구조이다. 이를 위해 그림 3 과 같이 목업 안에서 크레인을 이용하여 원격조정기가 견인되어 조립/분리 될 수 있는 요건 분석이 필요하다. 원격조정기로 크레인 고리의 접근 및 원격조정기의 후크 위치 관계는 크레인, 천정이동형 서보조작기 이송장치 및 원격조정기에 대한 설계요건에 반영된다. 이런 분석 결과를 이용하여 셀 내에 설치되는 원격장비에 대한 설계요건을 반영하였으며 원격조정기의 제작에 반영될 예정이다.

**다. 원격장비 공간분석**

천정이동형 서보조작기는 목업 내에 설치되는 슬레이브 서보조작기와 운전구역에 설치되는 마스터 서보조작기로 구성된다. PRIDE 목업은 기존의 건물 안에 건설되기 때문에 그림 2와 같이 좁은 운전구역에 마스터 서보조작기가 설치된다. 폭 40 m의 셀을 이동하면서 운전 및 유지보수를 수행하는 마스터 서보조작기는 좁은 공간에서 원격조정기의 마스터와 충돌하지 않고 이동할 수 있는 조건을 분석하였다. 원격조정기와 마스터 서보조작기의 home position 에서는 충돌가능성이 존재하여 약간의 위치이동으로 이동가능성을 확인하였다. 셀 전면에 설치된 차폐창 앞에서 마스터 서보조작기를 운영할 때에 마스터 서보조작기와 원격조정기의 충돌 없이 운전이 가능한 조건 등을 분석하였다. 그림 4는 마스터 서보조작기가 차폐창 전면을 향한 경우에 마스터 서보조작기의 작업을 위한 동작경로를 보여주고 있다.

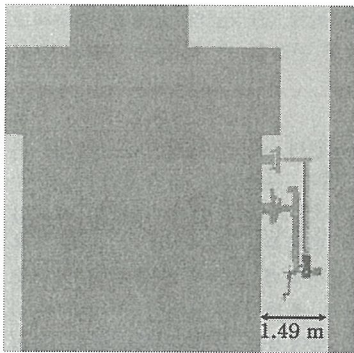


그림 2. 운전구역

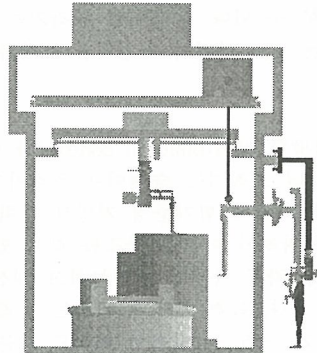


그림 3. 원격조정기의 견인

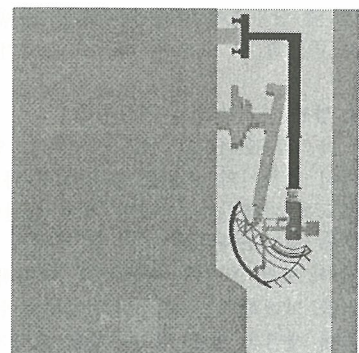


그림 4. 마스터 조작기의 작업공간

**3. 결론**

파이로 종합시험시설의 개념설계를 이용하여 원격취급 장비, 공정장치, 시설 등을 3차원 캐드 모델링을 수행하여 3차원 가상공간상에 배치하여 PRIDE 디지털 목업을 구축하였다. 셀 내에 설치될 공정장치를 운전 및 유지보수를 수행할 원격조정기에 대한 설계요건 및 슬레이브 원격조정기를 원격 조립/분리 공정에 사용될 장비들에 대한 설계요건을 도출하였다. 운전구역에 설치되는 원격조정기의 마스터와 천정이동형 서보조작기의 마스터 간의 이동 및 운영 대한 공간분석을 수행하여 운전 가능한 조건 등을 분석하였다. 이런 분석결과를 설계에 반영한 원격장비들은 다시 모델링되고 검증을 위한 시나리오에 의해 재검증을 수행할 필요가 있다. 반영된 원격장비들을 이용하여 추후에 설계될 공정장치들에 적용함으로써, Pyroprocess 공정의 운전/유지보수 공정을 검증에 활용하고자 한다.