

하나로 활용 증가를 위한 수조 덮개의 설계

Design of Pool Cover for Increasing HANARO Application

류정수, 김상원, 이상익, 우종섭, 전병진

한국원자력연구소
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

하나로 활용증가를 위하여 운전중에 노심 및 노외 수직 조사공에 시료를 삽입, 인출하고 회전시킬 수 있는 구동 장치의 지지구조물인 수조 덮개에 대한 기본 설계를 수행 중에 있다. 이를 위하여 조사시험을 수행하는 하나로 이용자들의 의견을 수렴하여 설계에 반영한다. 하나로 원자로 수조 상부에서 시료를 삽입, 인출 및 회전하게 되므로 핵연료 작업이나 수조 내 제어봉 장치 등과의 간섭을 최소화한다. 또한 원자로 유지보수를 위하여 장탈착이 가능하여야 하며, 어떠한 경우에도 원자로 수조안으로 비산물의 낙하를 방지할 수 있어야 한다. 운전중 조사시험 구동장치의 수직 접근을 위하여 NTD 조사공 뿐만 아니라 CT/IR 및 OR4/OR5 조사공을 위한 공간을 확보하였다. 수조 덮개는 안전관련 구조물인 원자로 상부에 설치되므로 지진하중을 포함한 모든 하중하에서도 구조건전성이 유지되어야 한다. 이를 기반으로 운전중에 원자로 수조 상부에서 NTD, fission moly 및 방사선 동위원소를 생산하기 위한 구동 장치의 지지구조물인 수조 덮개의 기본 설계 방안을 제안한다.

Abstract

The basic design of HANARO pool cover for increasing HANARO applications has been carried out for supporting the driving devices which can load, unload and rotate the irradiation targets in the in-core and out-core vertical irradiation holes under HANARO on-power operation. The comments of HANARO user group related with irradiation tests have optimally reflected in the process of design. The interference between fuel handling and control absorber units in the reactor pool and activities to load, unload and rotate the irradiation targets at the top of reactor pool has been minimized. The pool cover can be moved for maintenance and can protect the reactor pool from unexpected drop of foreign materials. It provides the space to vertical access of driving devices for NTD, CT/IR and OR4/OR5 under on-power operation. And the pool cover assembly must maintain its structural integrity under seismic load. Finally the pool cover based on the above basic design is proposed as supporting structure of driving devices for NTD, fission moly and RI production under on-power operation.

1. 서 론

하나로의 노심에는 조사시험용으로 CT, IR1 및 IR2에 육각형 조사공 3 곳과 OR3~OR6 등 원통형 조사공 4곳이 확보되어 있다. 또한 반사체에는 반도체 도핑, 핵연료시험, 동위원소 생산등을 위한 NTD(neutron transmutation doping) 및 IP 등의 조사공들이 있다. 이들 조사 시험공들은 핵연료나 재료의 노내 조사시험과 방사선 동위원소 생산에 활용되고 있다.

시험용 시료의 노내 조사시험에는 계측기가 부착되어 있지 않는 무게장 조사시험과 중성자계측기, 열전대(thermocouple) 등 각종 계측기가 부착되고 이를 노심 상부의 계측계통과 연결시켜주는 복잡한 계측선 봉치와 이를 보호해주기 위한 안내관(guide tube)이 조사시험물의 상부에 연결되어 있는 계장 조사시험이 있다. 이들 계장 및 무게장 조사시험들은 원자로를 정지한 상태에서 캡슐을 장전하고 인출한다. 현재 하나로에서는 운전중에 노심 및 노외 수직 조사공에 시료를 삽입, 인출하고 회전시킬 수 있는 구동 장치 및 지지구조물인 수조 덮개에 대한 기본 설계를 수행 중에 있다.

하나로 활용증가를 위하여 운전중에 원자로 수조 상부에서 NTD[1], fission moly[2] 및 방사선 동위원소를 생산하기 위해서는 원자로 수조 상부에서 시료나 용기를 삽입, 인출하고 회전시킬 수 있는 구동 장치가 필요하게 된다. 이들 구동장치를 수조 가장자리에 설치하는 방안도 생각할 수 있으나 많은 제약이 있고 적절한 방안을 찾기 어려울 것으로 예상된다. 가장 좋은 것은 원자로 수조 위에 구동장치를 설치할 수 있는 수조덮개를 두는 것이다. 그러나 이때는 구조적인 건전성, 원자로 운전을 위한 핵연료 작업이나 수조내 장치의 보수 등과의 간섭, 다른 이용분야와의 간섭, 수조 내로의 물체낙하 가능성, 사고시의 방사성 기체 확산 문제 등이 모두 해결될 수 있어야 한다. 이러한 방안으로 원자로 수조 덮개의 교체를 제안한 바 있다[3]. 이 제안을 시발점으로 하여 운전중 원자로 상부에서 조사시험을 수행할 수 있는 방안을 연구하여 왔으며 최종적으로 manbridge와의 간섭을 고려하여 수조 덮개에 대한 기본설계를 수행하였다. 이와 함께 수조 덮개의 주요 프레임에 대한 예비 구조건전성 평가를 수행한 바 있다[4].

수조 덮개는 원자로 냉각계통이나 원자로 정지에 주는 영향이 전혀 없으므로 설계등급상 안전등급 NNS, 내진범주 II급 및 품질등급 T급으로 분류하였다[5]. 보수적인 평가를 수행하기 위하여 내진범주 I급에 적용하는 SSE와 OBE 지진하중에 대한 내진해석을 수행하여 구조건전성을 평가한다. 이를 위하여 수조 덮개에 대한 구조해석 모델을 작성하고 이에 대한 동특성을 분석한 뒤에 SSE와 OBE 설계기준 지진하중에 대한 구조물 지진응답해석을 수행할 예정이다. 수조 덮개의 구체적인 사항은 앞으로 자세한 해석검토와 제작 설계가 필요하며, 여기서는 개념적으로 실현 가능성을 분석하였다.

2. 기본 설계 방안

하나로 원자로 수조 상부에서 시료를 삽입, 인출 및 회전하게 되므로 핵연료 작업이나 수조내 제어봉 장치 등과의 간섭을 최소화하여야 한다. 또한 조사시험을 수행하는 하나로 이용자들의 의견을 최적화하여 설계에 반영하였다. 기본적으로 원자로 유지보수를 위하여 장탈착이 가능하여야 하며, 어떠한 경우에도 원자로 수조안으로 비산물의 낙하를 방지할 수 있도록 하였다. 운전중 조사시험 구동장치의 수직 접근을 위하여 NTD 조사공 뿐만 아니라

CT/IR 및 OR4/OR5 조사공을 위한 공간이 확보되어야 한다. 수조 덮개는 안전관련 구조물인 원자로 상부에 설치되므로 지진하중을 포함한 모든 하중하에서도 구조건전성이 유지되어야 한다.

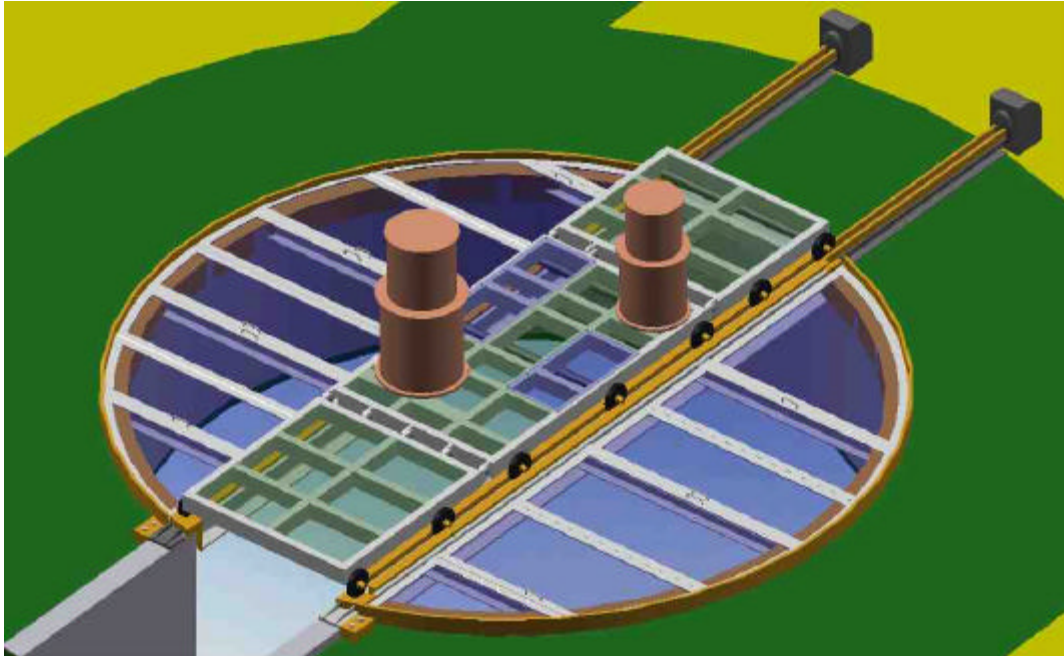


그림 1 원자로 수조 상부에 설치된 운전중 수조 덮개의 형상

수조 덮개의 구조는 그림 1과 같이 원자로 수조 동쪽 반달모양의 수조 덮개 A (PCA-A)와 서쪽 반달모양의 수조 덮개 B (PCA-B)가 설치되며, 이들 사이를 이동할 수 있는 sliding panel 구조물과 북쪽의 연장 레일이 있다. Sliding panel은 다시 3부분으로 구성되며 가운데 (SP-A), 남쪽(SP-B)과 북쪽(SP-C)로 구성된다. 그림 1은 운전중 조사시험을 위한 구동장치를 조사공 수직 위로 접근하였을 때의 형상이며, 그림 2는 조사 시료 이동, 계장캡슐 설치, 핵연료 장전과 인출시 간섭을 최소화하기 위하여 sliding panel이 북쪽으로 이동되었을 때의 형상이다.

수조 라이너 상부턱의 윗면과 manbridge 맨아래 바닥사이에는 여유공간이 약 10cm이므로 수조 덮개 A와 B의 위로 현재의 manbridge가 지나갈 수 있어야 한다. 주프레임을 중심으로 보조 프레임을 라이너 턱 위에 걸쳐 놓은 후 흔들리는 것을 방지하기 위하여 프레임의 수조 밖 라이너 턱에 5개 이상의 고정 볼트를 둔다. 이들 볼트를 조이면 볼트의 끝부분이 턱에 밀착되어 흔들림을 방지한다.

각각 수조 덮개 A와 B의 보조 프레임들 사이에는 원자로를 볼 수 있도록 창문들이 설치되는 데, 특별한 곳이 아니면 투명 창으로 하며, 여닫이 형태로 열고 닫을 수 있도록 하고 열린 상태에서 고정시킬수 있도록 한다. 이들 창문들은 지진하중에서도 구조적으로 건전하여야 한다.

수조 덮개 A와 B의 각각 주프레임 아래 플랜지를 이용하여 시료 및 용기 등의 물체를 매

달고 남북방향으로 이동할 수 있는 이동용 hook를 수평 이동을 할 수 있는 장치를 설치한다. 또한 노심에서의 핵연료 취급에 필요한 긴 취급 기구 등 자주 쓰는 취급 기구들과 조사 시험용 시료 이송 장치를 임시로 걸어 둘 수 있는 고정용 hook를 설치한다. 동쪽의 주프레임 아래에 있는 작업 발판은 이동용 hook의 남쪽 접근을 허용하기 위하여 제거하기로 한다.

두 개의 주 프레임의 상부에는 sliding panel 바퀴의 레일을 설치하며 창문의 평면보다 약간 높게 하여 가운데의 sliding panel을 열었을 때 양쪽 수조 덮개의 옆 창위로 떨어진 작은 물건이 굴러서 수조로 들어가는 것을 예방한다.



그림 2 Sliding Panel이 북쪽으로 이동한 수조 덮개의 형상

3. 수조 덮개의 설계요건

앞 절의 기본 설계 방안을 기초로 하여 각각의 구조물들에 대한 자세한 설계요건을 아래와 같이 기술한다.[5]

3.1 수조 덮개 (Pool Cover Assembly, PCA-A, PCA-B)

- 1) 수조 덮개 A (PCA-A)는 그림 3에 보여주는 것과 같이 아래의 주요 부품들로 구성된다. 수조 덮개 B (PCA-B)의 주요 프레임은 수조 덮개 A와 같다.
 - 주프레임(단면 A-A, B-B), 보조 프레임(단면 C-C, D-D), 창문, 고정 볼트, 고정용 및 이동용 hook
- 2) 반달 모양의 수조 덮개 A는 원자로 수조 상부의 동쪽에 설치되며 수조 덮개 B는 원자로 수조 상부의 서쪽에 설치된다. 수조 덮개 A와 B의 사이에는 원자로 침니를 포함한 NTD 1&2 조사공들이 수직방향으로 보이도록 간격이 유지되어야 한다.

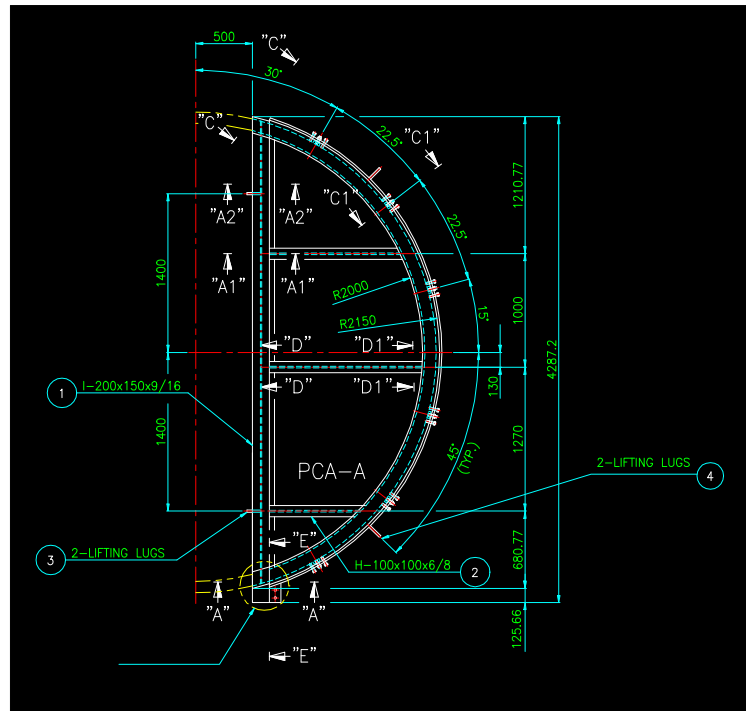


그림 3 수조 덮개 A의 평면도

- 3) 수조 덮개 A와 B는 sliding panel이 설계 목적에 맞게 이동할 수 있도록 견고하게 지지해주어야 한다. 특히 주프레임들의 양단부가 구조적으로 건전하도록 설계/제작되어야 한다. 또한 주프레임은 sliding panel을 고정할 수 있도록 남북방향 고정식 stopper와 수평 동서방향과 수직방향을 고정할 수 있는 마찰식 stopper를 설치하여야 한다. 여기서 고정식 stopper는 현장에서 위치를 정한후 용접한다.
- 4) 반달모양의 수조 덮개 A와 B의 호부분이 수조 라이너 상부에 놓이게 위치하게 되므로 지진하중에서도 이탈되지 않도록 고정장치를 설치해야 한다.
- 5) 볼트와 라이너를 이용하여 너트를 만들어 고정한다면 sliding panel이 원활하게 이동할 수 있도록 현장에서 볼트/너트의 위치를 정하여야 하며 수조 덮개 A와 B의 위치를 항상 조준할 수 있도록 해야 한다. 수조 상부에서 조준이 완료되면 수조 덮개 A 및 B의 단면 C1-C1의 각각 볼트에 대한 회전 횟수와 최대허용 토크값 등과 같은 설치 정보를 제공해야 한다.
- 6) 수조 덮개 A와 B의 상부 구조물이 manbridge의 하부 구조물과의 간섭을 피하기 위하여 수조 상부 라이너로부터 100mm 이상을 초과되어서는 안된다. 구조적 보장을 위하여 수조 덮개 A와 B의 하부 구조물의 아래쪽 공간을 이용할 수 있다.
- 7) 수조 덮개 A와 B의 주프레임 위에는 sliding panel의 이동을 위한 레일이 설치되어야 하며, 수조 덮개 A와 B의 주프레임 사이의 간격을 일정하게 설치되고 운전과 이동중에도 간격이 일정하게 유지되어야 한다.
- 8) 주프레임과 보조 프레임에 지지되는 창문들은 도면의 형상에 따라 각각 설치되어야 하며, 창문의 개폐가 자유로워야 하고 지진하중 하에서도 이탈되지 않도록 고정되어

야 한다.

- 9) 각각의 창문들은 지진하중에서도 구조 건전성이 유지되고 이탈되지 않아야 하며, 특히 원자로 수조가 보이도록 무색 투명하게 제작되어야 한다.
- 10) 원자로 수조내의 조사시험과 조사장치를 이송할 수 있도록 수조 덮개 A와 B의 주프레임의 하단에 각각 1개의 이동용 hook 장치(2개의 hook 부착)를 설치해야 하며, 수조 덮개 B의 주프레임의 하단 남쪽 끝에는 고정용 hook 장치(2개의 hook 부착)를 설치해야 한다.
- 11) 각 hook들은 개별적으로 360도 회전이 가능하여야 한다. 각 hook는 작업의 편리성을 위하여 하부 프레임보다 약 40mm 이상 더 돌출되어야 하며, 고정용과 이동용 hook의 모양을 달리 할 수 있다.
- 12) 이동용 hook 장치에 걸리는 하중은 100 kg (50kg 2개)이 되며, 고정용 hook 1개에 걸리는 하중은 약 100 Kg이 된다.
- 13) 원자로 사용중 육안검사나 원자로 수조내 장치의 유지 및 보수를 위하여 수조 덮개 A와 B의 장탈착이 가능하도록 4개 이상의 lifting lug를 부착하여야 한다.
- 14) 원자로 수조밖으로 이동시 필요한 받침대 2조를 수조 덮개의 하부 구조물들을 고려한 높이로 설계/제작되어야 한다.
- 15) 주프레임 위에 설치된 레일이 설치의 편리성과 운전중에도 연장레일과 일치될 수 있는 구조로 연결되어야 한다.

3.2 Sliding Panel (SP)

- 1) Sliding panel은 그림 4에서 보여주는 것과 같이 아래의 주요 부품들로 구성된다.
 - Sliding panel, SP-A(중간), SP-B(남쪽), SP-C(북쪽)
 - 프레임 및 연결부 hinge, 바퀴 14개, 고정식 stopper 2식,
 - 마찰식 stopper 4식
- 2) Sliding panel은 수조 덮개 A와 B의 주프레임 위의 레일을 이용하여 원활하게 이동할 수 있도록 바퀴를 장착하여야 한다. Sliding panel을 수동으로 밀고 당길수 있도록 sliding panel의 중량을 고려하여 바퀴의 크기와 갯수를 조정할 수 있으며, 필요하다면 보조 장치를 이용할 수 있다.
- 3) Sliding panel은 원자로 수조 상부 북쪽 콘크리트 구조물에 지지할 수 있도록 3 부분 [SP-A(중간), SP-B(남쪽), SP-C(북쪽)]으로 나누고 접을 수 있도록 설계한다.
- 4) Sliding panel의 SP-B와 SP-C를 SP-A방향으로 두 사람이 원활하게 들어 접을 수 없다면 SP-B와 SP-C의 중량을 고려한 lifting 장치를 설치해야 한다. 또한 접은 후에도 고정할 수 있는 장치를 부착하여야 한다.
- 5) Sliding panel이 지진하중을 받을 때에도 프레임 및 연결부(hinge)의 구조건전성이 보장되어야 한다.
- 6) 각 연결부(hinge)의 틈에 이물질 낙하 방지를 위한 조치가 취하여야 한다.
- 7) Sliding panel은 가동중 조사시험을 원활하게 수행하기 위하여 수조 덮개 A와 B의 주프레임 위의 레일을 이용하여 수평과 수직 균형이 잘 맞아야 한다.
- 8) Sliding panel의 SP-A는 NTD 1과 NTD 2 구동장치의 볼트로 지지가 가능하도록 보조 프레임을 설치하여야 한다.

- 9) 프레임들 위의 창문들은 도면에 따라 각각 설치되어야 하며 창문의 개폐가 자유로워야 하고 지진하중 하에서도 구조건전성이 유지되고 이탈되지 않도록 고정되어야 한다. 특히 원자로는 보이도록 투명하여야 한다.
- 10) 가동중 조사시험시 수조덮개 A와 B에서 sliding panel의 위치를 고정할 수 있는 고정식 및 마찰식 stopper를 설치하여야 한다.
- 11) Sliding panel을 밀고 당길 수 있는 손잡이와 장탈착시 들어올릴 수 있는 lifting lug를 무게중심을 고려하여 적절하게 부착하여야 한다. Sliding panel을 들어 올려 이동시에는 overhead crane을 사용하여야 한다.

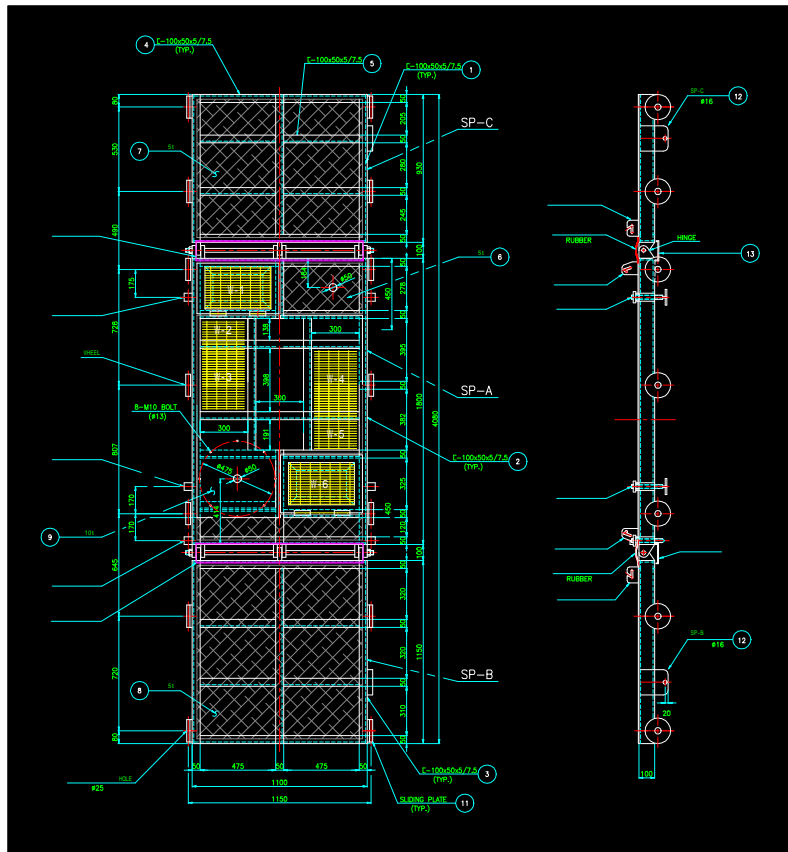


그림 4 Sliding Panel의 평면도 및 측면도

3.3 연장 레일

- 1) Sliding panel을 북쪽 원자로 수조밖으로 이동시켜 열기 위하여 수조 덮개 A와 B의 주프레임 위의 레일과 일치하도록 연장 레일을 설치하여야 한다.
- 2) 연장 레일은 원자로 수조 상부 콘크리트 바닥과 수조 덮개 A와 B의 주프레임 위의 레일과의 공간과 길이를 고려하여 앵커 볼트로 고정되어야 한다.
- 3) 원자로 수조 북쪽 플랫폼 밖으로 sliding panel의 이동을 막기 위하여 레일 북쪽 끝단에 sliding panel stopper를 각각 설치하여야 한다.
- 4) 연장 레일의 시작점과 주프레임 레일이 끝나는 지점은 바퀴의 진입을 원활하게 하기 위하여 모따기되어야 한다.
- 5) 설치와 사용중에 주프레임 레일과 항상 일치될 수 있는 연결 구조를 가져야 한다.

4. 설계 해석

수조 덮개는 원자로 냉각계통이나 원자로 정지에 주는 영향이 전혀 없으므로 설계등급상 안전등급 NNS, 내진범주 II급 및 품질등급 T급으로 분류하였다. 보수적인 평가를 수행하기 위하여 내진범주 I급에 적용하는 SSE와 OBE 지진하중에 대한 내진해석을 수행하여 구조건전성을 평가한다. 이를 위하여 수조 덮개에 대한 구조해석 모델을 작성하고 이에 대한 동특성을 분석한 뒤에 SSE와 OBE 설계기준 지진하중에 대한 구조물 지진응답해석을 수행할 예정이다. 해석결과로부터 얻은 최종 응력값에 대하여 ASME NF 코드를 적용하여 구조건전성 평가를 수행한다. 설계하중과 하중조합은 아래와 같으며, 내진 해석상의 상세 요건은 참고문헌 [6]을 참조한다.

4.1 설계 하중

1) 정하중(Dead Load)

수조 덮개를 구성하는 모든 구성품의 중량을 고려한 하중을 총칭한다.

특히 NTD 1과 NTD 2 장치의 중량은 각각 100 kg이 되며, CT/IR/OR에 설치될 장치의 중량을 100 kg으로 가정한다. 또한 수조덮개 A와 B의 각각 주프레임에는 이 동용 hook 2개에 걸리는 하중은 각각 100 kg (50kg 2개)이 되며, 고정용 hook 2개에 걸리는 하중은 각각 100 kg이 된다.

2) 활하중(Live Load)

수조 덮개는 플랫폼의 설계와 유사하므로 500 kg/m² 이 작용하는 것으로 가정한다.

3) 지진하중(Seismic Load)

수조 덮개가 설치되는 원자로 수조 상부의 층응답스펙트럼(FRS) [6]이 사용되며, 수조 덮개가 볼트로 고정된다면 2개 수평방향과 1개의 수직방향의 하중으로 OBE 및 SSE 지진하중에서의 감쇠비가 각각 4%와 7%인 층응답스펙트럼을 적용한다.

4.2 하중 조합

- 1) 수조 덮개에 대한 강도계산을 포함한 응력해석을 ASME NF 기준에 따라 수행한다.
- 2) 응력해석시 고려해야할 하중조건은 다음과 같다.

	Load Combination	Service Limit
Pool Cover Assembly	Dead/Live	Level A
	Dead + OBE	Level B
	Dead + SSE	Level D

Dead/Live : Dead and Live load

OBE : Operating Basis Earthquake

SSE : Safe Shutdown Earthquake

5. 기타 검토사항

5.1 핵연료 파손 사고 등으로 수조에서 방사성 기체 유출

지금까지의 운전 경험에 따르면 방사성물질은 원자로 수조 위로만 나오는 것이 아니고

수조와 작업 수조에서도 단위 면적당 나오는 양이 같다. 따라서 원자로 수조만 격리시켜 별도의 환기계통으로 뽑아내는 것은 별 도움이 안된다. 또한 원자로 수조의 뚜껑이 공기 밀봉이 될 필요도 없다.

한편 현재의 방사선 비상 대처 개념은 과도한 방사선 누출이 있을 경우 원자로 실내 인원을 바깥으로 소개시키고 환기 계통의 가동을 중지하여 원자로실내에 방사성 기체를 가두어 붕괴시키도록 되어있다. 따라서 수조덮개로 방사선 기체를 RCI 환기 계통으로만 내보낸다는 애초의 설계개념을 유효하지 않다.

5.2 수조로의 이물질 유입 가능성

수조덮개 위로 견학자들이 많이 올라가면 창문틈 등에 먼지가 끼고 이러한 먼지가 수조로 들어갈 수 있다. 따라서 견학자 등은 수조 덮개 위로 올라가지 않도록 제한한다. 수조 덮개 등을 열기 전에 그리고 주기적으로 틈의 먼지를 진공청소기로 제거한다.

5.3 수조내 작업성

핵연료 작업을 포함하여 수조내 각종 작업에서 기준 좌표를 활용할 수 있고, 수조내 목표위치를 연직 상부에 가까이 접근할 수 있으며 프레임에 설치된 고리나 걸이 등을 활용할 수 있다. 수조를 어느 정도 배수하고 작업하여야 하는 경우에도 프레임을 활용하여 지금보다는 더 쉽게 작업할 수 있을 것이다. 따라서 대부분의 수조내 작업은 현재보다 쉬워질 것이다. 원자로 수조의 전면적인 개방이 필요하면 수조 덮개 전체를 수조밖으로 이동시킬 수 있도록 lifting lug와 장탈착 장치를 포함한다.

6. 결 론

본 연구에서는 운전중에 조사시험을 수행할 수 있는 구동장치 지지구조물인 수조 덮개에 대한 설계 방안을 연구하였다. 본 연구의 결과를 요약 정리하면 다음과 같다.

- 1) 하나로 활용증가를 위하여 운전중에 원자로 수조 상부에서 NTD, fission moly 및 방사선 동위원소를 생산하기 위한 구동 장치의 지지구조물인 수조 덮개의 기존 설계 방안을 제안한다.
- 2) 하나로 원자로 수조 상부에서 시료를 삽입, 인출 및 회전하게 되므로 핵연료 작업이나 수조내 제어봉 장치 등과의 간섭을 최소화하였다.
- 3) 조사시험을 수행하는 하나로 이용자들의 의견을 최적화하여 설계에 반영하였다.
- 4) 원자로 유지보수를 위하여 장탈착이 가능하여야 하며, 어떠한 경우에도 원자로 수조안으로 비산물의 낙하를 방지할 수 있도록 하였다.
- 5) 운전중 조사시험 구동장치의 수직 접근을 위하여 NTD 조사공 뿐만 아니라 CT/IR 및 OR4/OR5 조사공을 위한 공간이 확보하였다.
- 6) 수조 덮개는 안전관련 구조물인 원자로 상부에 설치되므로 지진하중을 포함한 모든 하중하에서도 구조건전성이 유지되어야 한다.

감사의 글

본 연구는 정부의 출연금에 의한 한국원자력연구소의 기관고유사업으로 수행되었다.

5. 참고 문헌

- [1] 전병진, “하나로에서 NTD 실현 연구”, 자체연구개발신청서, 한국원자력연구소, 2001.
- [2] Dong-Keun Cho, Myung-Hyun Kim, Dong-Seong Sohn, “Nuclear Design Methodology of Fission Moly Target for Research Reactor”, Journal of the Korean Nuclear Society, Vol.31, No.4, pp.365-374, August 1999.
- [3] 전병진, “수조 뚜껑 설치 제안”, 내부통신문 HAN-RO-CR-97-049, 하나로센터, 1997.12.16.
- [4] 류정수, 이상익, “제안된 수조 덮개에 대한 예비 구조건전성 평가”, 내부통신문 HAN-RS-CR-00-029, 하나로이용연구단, 2000.11.28.
- [5] 류정수, “하나로 수조 덮개에 대한 제작 기술시방서”, HAN-RS-DD-SP-402-01-001, Rev.0, 하나로이용연구단, 2001.3.14.
- [6] 류정수, “하나로 수조 덮개의 내진해석 기술시방서”, HAN-RS-DD-SP-402-01-002, Rev.0, 하나로이용연구단, 2001.2.21.