



KR0000529

KAERI/TR-1577/2000

하나로 침니내부지지대의 설계 지침서

Design Manual for HANARO In-Chimney Bracket

2000. 6.

한국원자력연구소

31 / 47

**Please be aware that all of the Missing Pages in this document were
originally blank pages**

제 출 문

한국원자력연구소장 귀하

본 보고서를 2000년도 "하나로운영 연구로 계통관리" 과제의 "하나로
침니내부지지대의 설계 지침서"에 대한 기술보고서로 제출합니다.

제 목 : 하나로 침니내부지지대의 설계 지침서
(Design Manual for HANARO In-Chimney Bracket)

2000년 6월

주 저 자 : 류 정 수
공 저 자 : 조 영 갑
 황 승 렬
 우 종 섭
 전 병 진

요 약 문

침니내부지지대는 하나로 노심에서 조사시험을 위한 조사 설비의 보조 지지구조물이다. 이 장치는 조사공 CT/IR을 이용하는 계장 조사시험설비의 경우는 원자로 조사공 스파이더(spider)와 원자로수조 벽에 설치된 로봇팔 사이의 안내관 중간부분을 수평방향으로 추가 고정하는 역할을 하며, 조사공 OR을 이용하는 시험설비의 경우는 안내관의 상부를 고정할 수 있는 지지대를 제공함으로써 유체유발진동과 지진하중에 대한 동적거동을 감소시켜 조사시험을 안전하게 수행하도록 한다. 이러한 목적을 위하여 원자로 침니 상단으로부터 60 cm 아래에 위치한 싸이폰닝 구멍에 설치된다.

수중상태에서 침니내부지지대에 대한 ANSYS 구조해석 모델을 작성하고 이의 동특성을 분석한 뒤에 OBE와 SSE 설계기준 지진하중에 대한 구조물 지진응답해석을 수행하였다. 침니내부지지대 설치로 인하여 원자로구조물에 미치는 영향을 분석하기 위하여 지진응답해석 결과를 ASME 코드에 따라 평가한 결과, 발생응력들이 모두 허용응력 이내에 있었으며, 피로 제한값을 만족하여 구조적으로 건전함을 입증하였다.

침니내부지지대는 실제 원자로 침니 치수를 고려하여 설계되고 제작되었다. 설계와 예비 설치 과정에서 침니 측정 장치, 모조 침니, 설치 관련 공구가 개발되었고 예비 설치 연습을 통하여 검증된 설치절차를 확정하였다.

ABSTRACT

As a supplementary structure supporting the irradiation facilities, the in-chimney bracket holds guide tubes whose holding position in CT or IR is the middle part of the instrumented facility between the hole spider and the robot arm already provided in the reactor pool liner. Also, the bracket grips the upper part of the guide tubes when it is applied to hold the instrumented facility loaded in OR sites. The irradiation test will be successfully conducted since this bracket reduces the flow-induced vibration (FIV) and the dynamic response to seismic load. The installation position of the bracket is 60 cm below the top of the chimney, i.e., thermosiphoning hole position.

To evaluate the structural integrity on the in-chimney bracket and the related reactor structures, ANSYS finite element analysis model is developed and the dynamic characteristics are analyzed. The seismic response analyses were performed for the in-chimney bracket and the related reactor structures of HANARO under the design earthquake response spectrum loads of OBE and SSE. The analysis results show that the stress values in main points of reactor structures and in-chimney bracket for the seismic loads are also within the ASME Code limits. It is also confirmed that the fatigue usage factor is much less than 1.0. Therefore any damage on structural integrity is not expected when the in-chimney bracket is installed at the upper part of the reactor chimney.

This bracket had been designed and manufactured based on the dimensions of the as-built chimney. In the process of design and preliminary installation, chimney measurement tools, dummy chimney, and installation tools were developed and the installation procedure was prepared and verified through the installation rehearsal.

목 차

| | |
|--|-----|
| 제 출 문 | i |
| 요 약 문 | ii |
| Abstract | iii |
| 목 차 | iv |
| 표 목 차 | v |
| 그림목차 | vi |
| | |
| 1. 서 론 | 1 |
| 2. 설계 특성 | 3 |
| 3. 구조건전성 평가 | 4 |
| 3.1 설계등급 분류 | 4 |
| 3.2 규격 및 평가기준 | 4 |
| 3.3 재 료 | 6 |
| 3.4 하중 조건 | 7 |
| 3.5 지진 응답 해석 및 결과 | 8 |
| 3.6 Base Frame 고정장치와 OR 안내관 고정장치에 대한 구조건전성 평가 .. | 14 |
| 3.7 피로손상 평가 | 15 |
| 4. 안전성 평가 | 16 |
| 5. 설치 및 사용 절차 | 17 |
| 5.1 설치 절차 | 17 |
| 5.2 사용 절차 | 18 |
| 6. 결 론 | 19 |
| 7. 참고 문헌 | 20 |
| | |
| 부 록 I : 침니내부지지대 설치절차서 | 28 |
| 부 록 II : 하나로 운영절차서, 침니내부지지대 사용절차 | 41 |
| 부 록 III : 침니내부지지대 최종 인허가 문서 | 53 |
| 부 록 IV : SAR 내용 변경 전·후 비교표 및 변경후 내용 | 55 |
| 부 록 V : 침니내부지지대의 설계 및 인허가 현황 | 62 |

표 목 차

| | |
|---|----|
| 표 1. 운전 조건에 따른 응력지수 | 4 |
| 표 2. 운전조건별 원자로구조물에 대한 응력한계 | 5 |
| 표 3. 재료의 기계적 물성치와 기준 설계값 | 6 |
| 표 4. 조사공 OR 안내관 및 시험관 모델링 자료 | 8 |
| 표 5(a). Stress Intensities of Reactor Structure for Dead, OBE and SSE Loads (CASE I) | 10 |
| 표 5(b). Stress Intensities of Reactor Structure for Dead, OBE and SSE Loads (CASE II) | 10 |
| 표 6(a). Stress Intensities of In-Chimney Bracket for Dead, OBE and SSE Loads (CASE I) | 11 |
| 표 6(b). Stress Intensities of In-Chimney Bracket for Dead, OBE and SSE Loads (CASE II) | 11 |
| 표 7(a). Maximum Stresses of Beam Structure for Dead, OBE and SSE Loads (CASE I) | 12 |
| 표 7(b). Maximum Stresses of Beam Structure for Dead, OBE and SSE Loads (CASE II) | 12 |
| 표 8(a). Combined Stress Ratios of Beam Structure for Dead, OBE and SSE Loads (CASE I) | 13 |
| 표 8(b). Combined Stress Ratios of Beam Structure for Dead, OBE and SSE Loads (CASE II) | 13 |

그림 목 차

| | |
|---------------------------------|----|
| 그림 1. 하나로 침니내부지지대에 대한 평면도 | 21 |
| 그림 2. 하나로 침니내부지지대의 3차원 모델 | 22 |
| 그림 3. 모조 침니에 설치된 침니내부지지대 | 23 |
| 그림 4. 하나로 침니내부지지대 설치도 | 24 |
| 그림 5. CT/IR Clamp | 25 |
| 그림 6. Base Frame Assembly | 26 |
| 그림 7. OR Clamp | 27 |

1. 서론

하나로의 노심에는 재료조사시험 및 핵연료 시험용으로 CT, IR1 및 IR2에 육각형 조사공 3군데와 OR3~OR6 등 원통형 조사공 4곳이 확보되어 있다. 이들 조사시험공들은 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 노심상부의 계측계통과 연결시켜 주는 복잡한 계측선 뭉치와 이를 보호해 주기 위한 안내관(guide tube)이 조사시험물의 상부에 연결되어 있는 계장 조사시험이 있다. 이들 조사시험물의 설계에는 하나로 핵연료의 설계에 적용하는 압력강하와 진동에 대한 기준이 만족되도록 설계되어야 한다. 특히, 계장 조사시험시에는 조사시험물의 상부에 설치된 안내관의 영향으로 진동특성이 크게 변하게 되어 이를 보호하고 지지하기 위한 구조물인 로봇팔(robot arm)과 고정장치가 이미 원자로 수조벽에 설치되어 있다[1]. 하나로에서 계획중인 계장형 시험에는 계장캡슐을 이용한 재료 조사시험, 높은 선출력에서 계장형 시험다발, 핵연료(DUPIC, 신형, 미래형) 조사시험 외에도 fission moly 표적 조사도 계획되고 있다.

조사공 CT/IR에 장전되는 재료 조사시험용 계장캡슐은 원자로 유동관 스파이더와 원자로 건물에 설치된 로봇팔에 의해 구조적으로 지지되어 있다. 계장캡슐 관련 구조물과 안내관(외경 34mm, 두께 1.65mm), 로봇팔 및 고정장치 등에 대하여 내진해석 및 진동시험을 수행하였으며, 그 결과들이 만족되어 인허가 기관의 승인을 받은 바 있다[2]. 그러나 조사공 OR에 설치될 핵연료 조사시험 설비와 fission moly 표적조사 설비의 경우는 계장캡슐 로봇팔의 사용이 불가능하기 때문에 원자로 침니 상부에 지지할 수 있는 지지대가 필요하게 된다. 따라서 조사공 OR을 이용하는 계장 시험설비 안내관의 상부 지지대 역할을 하면서, 조사공 CT/IR을 이용하는 조사 시험설비 안내관의 동적거동을 더욱 더 감소시킬 수 있도록 원자로 침니상단 아래 60cm 지점에 지지대 역할을 하는 그림 1부터 그림 3에 제시된 침니내부지지대를 고안하였다.

침니내부지지대는 조사시험을 위한 보조 지지구조물로서 조사공 CT/IR을 이용하는 계장시험의 경우에는 원자로 조사공 스파이더(spider)와 원자로 수조벽에 설치된 계장캡슐 로봇팔 사이 안내관 중간부분을 수평방향으로 추가 고정하는 역할을 하며, 조사공 OR을 이용하는 계장시험의 경우는 안내관의 상부를 고정할 수 있는 지지대 역할을 한다. 침니내부지지대는 원자로 침니상단 아래 60 cm 지점의 사이폰닝 구멍을 이용하여 그림 3과 그림 4와 같이 설치되며, 계장형 조사시험시 유체유발진동과 지진하중에 대한 동적거동을 감소시켜 조사시험을 안전하게 수행할 수 있도록 한다[3].

침니내부지지대는 실제 원자로 침니 치수를 고려하여 설계되고 기술시방서[4]에 따라 제작되었다. 예비 설치 과정에서 북동방향 base frame 고정장치와 사이폰닝 구멍 근처의 침니 보강재에 고정되어 있는 RTD 센서와 간섭사항이 발생되어 일부 설계변경[5]을 통하여 간섭사항을 해결하였다. 설계와 예비 설치 과정에서 침니 측정 장치, 모조 침니, 설치 관련 공구가 개발되었고 예비 설치 연습을 통하여 검증된 설치 절차서([6], 부록 I)와 운영 절차서([7], 부록 II)를 확정하였다.

인허가 기관에 침니내부지지대에 대한 경미한 사항 변경신고서를 제출하여 보완 답변을 완료한 후, 최종 인허가(부록 III)를 획득하였다. 이들을 기반으로 하나로 안전성 분석보고서(SAR)를 개정하였으며, SAR 변경 전·후 비교표 및 변경후 내용을 부록 IV에 나타내었다. 또한 설치 계획서를 하나로 안전심의위원회에 제출하여 심의를 거쳐 최종 설치하게 되었으며, 침니내부지지대의 설계, 제작, 인허가 및 설치 현황을 부록 V 에서 보여 준다.

2. 설계 특성

조사공 CT/IR을 이용하는 계장시험의 경우에는 안내관 중간부분을 수평방향으로 추가 고정하고, 조사공 OR을 이용하는 경우는 안내관의 상부를 고정하는 침니 내부지지대는 유체유발진동과 지진하중에 대한 동적거동을 감소시켜 조사시험을 안전하게 수행할 수 있도록 원자로 침니상단 아래 60 cm 지점의 사이폰닝 구멍을 이용하여 설계하였으며 설계에 반영된 특성을 요약하면 아래와 같다.

1) 침니내부지지대 구성

- Base frame : OR clamp와 CT/IR clamp의 고정 브라켓 (그림 5)
- OR clamp : OR4, OR5의 조사관 고정 (그림 6)
- CT/IR clamp : CT, IR1, IR2의 조사관 고정 (그림 7)

2) Base frame과 OR clamp는 나사로 한 몸체로 조립되어 침니벽에 반영구적 설치.

3) CT/IR clamp는 필요시 설치, 핵연료 작업시 제거.

4) CT/IR clamp는 최대직경 67mm, 최소직경 32mm의 관을 3개까지 동시고정 가능.

5) Clamp(그림 5, item 2)에 adaptor를 추가 설치하면 더 작은 직경의 지지관도 고정할 수 있을 뿐만 아니라 adaptor 크기를 다르게 하여 CT, IR1, IR2에 직경이 각각 다른 지지관도 동시에 고정 가능.

6) OR clamp에 설치되는 관의 최대허용 직경은 61.0 mm,
Bushing의 최대허용 직경 71mm

7) CT/IR clamp 풀림 방지: 톱니 물림방식의 클러치(그림 5, item 26)

8) OR clamp 나사 풀림이 방지: lock washer 삽입

3. 구조건전성 평가

3.1 설계등급 분류

침니내부지지대는 원자로 냉각계통이나 원자로 정지에 전혀 영향을 주지 않는 조사시험용 보조 지지구조물로서 설계등급상 다음과 같이 분류하였다.

- 안전등급 : NNS
- 내진범주 : II 급
- 품질등급 : T 급

3.2 규격 및 평가기준

침니내부지지대에 대하여 ASME, Sec. III, NF 코드[8]를 적용하였다. 보수적인 평가를 수행하기 위해서 내진범주 I급에 적용하는 SSE와 OBE 지진하중에 대하여 내진해석을 수행하였다. 아울러 침니내부지지대와 인접한 안전등급인 원자로 구조물에 대해서도 구조건전성 평가를 함께 수행하였다.

침니내부지지대를 비롯한 조사시험용 구조물 중에 쉘 구조물에 대해서는 ASME, NF-3200와 Appendix F [9]에 따라 주요 단면에서 막응력과 휨응력을 계산하고 각 재료에 따른 허용값과 비교하였다. 침니내부지지대 관련한 보 및 봉 구조물에 대해서는 ASME, NF-3322 기준에 따라 구조물의 응력성분과 단면형태에 대한 응력강도를 계산하고 허용응력과 비교하였다. 운전조건 B, C 와 D에 대한 허용응력으로는 운전조건 A의 허용응력에 해당되는 응력지수를 곱한 값을 사용한다. 각 운전조건에 따른 응력지수들은 표 1과 같다.

표 1. 운전 조건에 따른 응력지수

| | Level A | Level B | Level C | Level D |
|-------|---------|---------|---------|------------|
| K_s | 1.0 | 1.33 | 1.5 | Appendix F |
| K_m | 1.0 | 1.33 | 1.5 | Appendix F |

원자로구조물의 평가는 AECL이 수행한 응력해석보고서[10]의 허용기준을 적용하였다. 이와 관련된 하나로 안전성 분석보고서(SAR) 표 3.7-20과 표 3.7-21에 나타난 응력한계는 표 2와 같다.

표 2. 운전조건별 원자로구조물에 대한 응력한계

| Service Limit | Membrane Stress | Mem. + Bending Stress |
|--------------------|-----------------|-----------------------|
| Design and Level A | 1.0 S | 1.5 S |
| Level B | 1.0 S | 1.5 S |
| Level C | 1.2 S | 1.8 S |

침니내부지지대와 OR 안내관은 구조적으로 주변구조물과의 간섭사항이 없으므로 변위 제한조건은 없다.

3.3 재 료

새로 설치되는 침니내부지지대의 재료는 SUS 304 이다. 조사공 OR의 핵연료 조사시험 안내관 재료는 SUS 304 이며, fission moly 표적연료 안내관 재료는 Al 6061 이다. 그리고 원자로 반사체용기는 Zircaloy-4 이며, 원자로 침니는 Al 6061 로 제작되어 있다. 이들의 기계적 물성치와 기준 설계온도는 표 3과 같다.

표 3. 재료의 기계적 물성치와 기준 설계값

| | SUS 304 | Zircaloy-4 R60804 | Al6061-T6 SB-208 |
|--|---------|----------------------|---------------------|
| Modulus of Elasticity (GPa) | 193 | 88.1 | 66.2 |
| Mass Density(Kg/m ³) | 7913 | 6550 | 2680 |
| Poisson's Ratio | 0.27 | 0.35 | 0.33 |
| Ultimate Strength, S _u (MPa) | 473.0 | 415 | 165.4 |
| Yield Strength, S _y (MPa) | 163.4 | 240 | - |
| Allowable Stress (MPa), F _t =0.6S _y for Beam and Pipe | 98.0 | - | - |
| Allowable Stress (MPa), S _m for ASME Class 2 | 118.8 | 108.5 | - |
| Allowable Stress (MPa), S _a for ASME Class 3 | 118.8 | 87.9 | 41.3 |
| Reference Temperature(°C) | 120 | 117 | 93.3 |

3.4 하중 조건

침니내부지지대 및 관련구조물의 구조건전성 평가를 위해 적용한 하중은 다음과 같다.

- 1) 자중(D)
- 2) 운전기준 지진하중(OBE)
- 3) 안전정지 지진하중(SSE)

침니내부지지대는 침니 상부에 고정되어 있으나 안내관들의 하단부가 반사체용기 하단에 고정되므로 반사체용기 하단에서의 총응답스펙트럼을 사용한다. 그러나 안내관들의 상부 고정점이 OR 안내관의 경우에는 침니내부지지대이지만 CT/IR 안내관의 경우에는 로봇팔이므로 보수적인 평가를 위하여 원자로건물 시간이력 해석으로부터 구한 총응답스펙트럼 중에서 로봇팔 위치의 총응답스펙트럼을 발취하였다. 첫째로 SSE 수평방향의 경우(0.2g)의 해석모델에서 로봇팔 지지점에서의 지진하중 크기는 원자로 수조벽 78.73m 높이를 기준으로 상하 위치인 81.35m와 77.15m 위치의 4% 감쇠값에 해당하는 총응답스펙트럼[11]으로부터 선형 보간법으로 계산하였다. 스파이더 위치인 반사체용기 하단에서의 총응답스펙트럼[12]으로는 3% 감쇠값에 해당하는 것을 사용하였다. 이들 두 지지점의 총응답스펙트럼을 모두 포함하도록 두 지지점의 응답스펙트럼 중에 최대값을 지진해석시 총응답스펙트럼 하중으로 사용하였다. OBE 수평방향의 경우(0.10g)에 대하여도 같은 방법을 사용하여 2% 감쇠값 총응답스펙트럼을 사용하였다. 둘째로 수직방향에 대하여는 SSE(0.13g)는 3% 감쇠값과 OBE(0.067g)는 2% 감쇠값에 대한 반사체용기 하단과 로봇팔의 두 지지점의 응답스펙트럼 크기를 포함하는 총응답스펙트럼을 사용하였다.

하중조합은 자중(D)과 지진하중(OBE, SSE)의 조합에 따라 다음과 같이 분류하였다.

- Service Level A : D
- Service Level B : D + OBE
- Service Level D : D + SSE

그러나, 원자로구조물에 대해서는 기존의 방법론에 따라 SSE 지진하중을 Service Level C로 분류하여 구조건전성을 일관성 있게 평가하였다.

3.5 지진 응답 해석 및 결과

침니내부지지대를 비롯한 관련 구조물에 대한 ANSYS 구조해석 모델을 작성하고 수중상태에서의 동특성을 분석한 뒤에 OBE와 SSE 지진하중에 대한 지진응답해석을 수행하였다. 침니내부지지대를 포함한 모델링과 모델에 대한 보다 상세한 지진응답해석 결과는 참고문헌 [3]의 제 3장에 기술되어 있다. 조사공 OR4와 OR5에 장전될 수 있는 안내관은 규격품의 최소, 최대 외경을 고려하여, 다음 표 4에 나타나 있는 CASE I 과 CASE II 경우에 대하여 침니내부지지대를 포함하여 지진응답해석을 수행하였다.

표 4. 조사공 OR 안내관 및 시험관 모델링 자료

| 조사공 해석 | OR4 (Fisson Moly : Al) | | | OR5 (핵연료 조사시험 : SUS) | | |
|-----------|----------------------------|--------------|----------|--------------------------|--------------|----------|
| | 안내관 외경/두께 | 시험관 외경/두께 | 시험 중량 | 안내관 외경/두께 | 시험관 외경/두께 | 시험 중량 |
| CASE I | 40/5 mm | 58/5 mm | 15 Kg | 34.0/1.65 mm | 58/2 mm | 20 Kg |
| CASE II | 60/5 mm | 58/5 mm | 15 Kg | 60.5/1.65 mm | 58/2 mm | 20 Kg |

침니내부지지대 관련 구조물을 포함한 원자로 구조물에 대한 최종 구조해석 모델을 작성하였다. 이에 대한 동특성을 분석한 뒤에 SSE와 OBE 총응답스펙트럼에 대하여 ANSYS 구조해석 프로그램을 사용하여 지진응답해석을 수행하였다. 고차 모드들의 영향을 충분히 고려하기 위하여 모드 250개를 사용하였으며, 모드와 방향간에는 SRSS법으로 지진응답을 구하였다. 침니내부지지대를 포함한 원자로 구조물 및 OR 안내관에서 발생하는 최대 응력강도를 자중, OBE 및 SSE 지진하중에 대하여 ANSYS 구조해석 프로그램으로 각각 계산하였다. 침니내부지지대와 OR 안내관은 구조적으로 주변 구조물과의 간섭 사형이 없으므로 변위 제한조건이 해당되지 않는다.

CASE I과 CASE II의 지진응답해석 결과들은 원자로 구조물에 대하여 각각 표 5(a)와 표 5(b)에 나타나 있고, 침니내부지지대에 대하여 각각 표 6(a)와 표 6(b)에 제시되어 있다. 구조물별 등응력강도 분포들이 CASE II에 대하여 참고문헌 [3]의 그림 26에서 그림 30 까지에 나타나 있다.

표 5와 표 6의 해석결과에서 보는 바와 같이 원자로 구조물의 경우 최대 응력은 반사체용기에서 발생되었지만 허용값보다 크게 작았으며, 침니내부지지대와 OR 안내관 고정장치 중에 쉘 구조에서는 최대응력이 침니내부지지대에서 발생되었으나 응력강도가 허용값과 비교하여 작게 나타났다. 특히 원자로 구조물인 침니와 반사체용기에서도 운전조건 B ($D+OBE$)와 운전조건 C ($D+SSE$)에 대하여 구한 최대 응력강도가 모두 허용응력보다 작으므로 침니내부지지대를 추가로 설치한 원자로 구조물에 대해서도 구조적으로 건전함을 알 수 있다.

보와 봉 구조물에 대한 지진응답해석 결과의 최대 응력들이 표 7(a)와 표 7(b)에 나타나 있으며 CASE I의 경우는 fission moly 안내관(OR4) 하단부에서, CASE II의 경우도 핵연료 조사시험 안내관(OR5) 하단부에서 최대응력이 발생되었지만 모든 부위의 응력이 허용값보다 작게 나타났다. 보 및 봉 구조물에 대한 허용응력과 응력비를 CASE I과 CASE II에 대하여 표 8(a)와 표 8(b)에 제시하였다. 표 8의 결과에 따르면 모든 부위에서 조합응력비가 1 보다 작아 구조적으로 건전함을 알 수 있다.

☒ 5(a). Stress Intensities of Reactor Structure for Dead, OBE and SSE Loads
(CASE I)

| | Maximum Stress Intensity, P_n (MPa) | | | Materials | Allowable Values S[6], S, 1.2S (MPa) |
|------------------|--|--------------------|--------------------|----------------------|--|
| | Service Level A | Service Level B | Service Level C | | |
| Reflector Vessel | <2.68 | <20.98 | <31.38 | Zr. R60804 | 108.5, 108.5, 130.2 |
| Chimney | <1.07 | < 3.99 | < 5.61 | Al. 606IT6 SB-208 | 41.3, 41.3, 49.6 |

| | Maximum Stress Intensity, $P_n + P_b$ (MPa) | | | | Allowable Values 1.5S, 1.5S, 1.8S |
|------------------|--|-------|-------|----------------------|--------------------------------------|
| Reflector Vessel | 2.68 | 20.98 | 31.38 | Zr. R60804 | 162.7, 162.7, 195.2 |
| Chimney | 1.07 | 3.99 | 5.61 | Al. 606IT6 SB-208 | 61.9, 61.9, 74.3 |

☒ 5(b). Stress Intensities of Reactor Structure for Dead, OBE and SSE Loads
(CASE II)

| | Maximum Stress Intensity, P_n (MPa) | | | Materials | Allowable Values S[6], S, 1.2S (MPa) |
|------------------|--|--------------------|--------------------|----------------------|--|
| | Service Level A | Service Level B | Service Level C | | |
| Reflector Vessel | <2.68 | <22.18 | <33.28 | Zr. R60804 | 108.5, 108.5, 130.2 |
| Chimney | <1.07 | < 3.91 | < 5.47 | Al. 606IT6 SB-208 | 41.3, 41.3, 49.6 |

| | Maximum Stress Intensity, $P_n + P_b$ (MPa) | | | | Allowable Values 1.5S, 1.5S, 1.8S |
|------------------|--|-------|-------|----------------------|--------------------------------------|
| Reflector Vessel | 2.68 | 22.18 | 33.28 | Zr. R60804 | 162.7, 162.7, 195.2 |
| Chimney | 1.07 | 3.91 | 5.47 | Al. 606IT6 SB-208 | 61.9, 61.9, 74.3 |

Æ 6(a). Stress Intensities of In-Chimney Bracket for Dead, OBE and SSE Loads
(CASE I)

| | Maximum Stress Intensity, P_m (MPa) | | | Materials | Allowable Values $S[6]$, 1.33 S_1 , 2.4 S_1 (MPa) |
|--------------------|--|-----------------|-----------------|-----------|--|
| | Service Level A | Service Level B | Service Level D | | |
| In-Chimney Bracket | < 8.83 | < 51.93 | < 66.73 | S.S. 304 | 119.0, 158.0, 285.6 |
| OR5 G.T. Holder | < 1.61 | < 20.91 | < 31.21 | | |
| OR4 G.T. Holder | < 0.70 | < 26.90 | < 41.10 | | |

| | Maximum Stress Intensity, $P_m + P_b$ (MPa) | | | | $S_1[6]$, 1.33 S_1 , 2.4 S_1 ($S_1 = 1.5S$) |
|--------------------|--|-------|-------|----------|---|
| In-Chimney Bracket | 8.83 | 51.93 | 66.73 | S.S. 304 | 178.5, 237.0, 428.4 |
| OR5 G.T. Holder | 1.61 | 20.91 | 31.21 | | |
| OR4 G.T. Holder | 0.70 | 26.90 | 41.10 | | |

Æ 6(b). Stress Intensities of In-Chimney Bracket for Dead, OBE and SSE Loads
(CASE II)

| | Maximum Stress Intensity, P_m (MPa) | | | Materials | Allowable Values $S[6]$, 1.33 S_1 , 2.4 S_1 (MPa) |
|--------------------|--|-----------------|-----------------|-----------|--|
| | Service Level A | Service Level B | Service Level D | | |
| In-Chimney Bracket | < 8.83 | < 48.53 | < 60.73 | S.S. 304 | 119.0, 158.0, 285.6 |
| OR5 G.T. Holder | < 1.61 | < 18.41 | < 27.31 | | |
| OR4 G.T. Holder | < 0.70 | < 24.70 | < 37.80 | | |

| | Maximum Stress Intensity, $P_m + P_b$ (MPa) | | | | $S_1[6]$, 1.33 S_1 , 2.4 S_1 ($S_1 = 1.5S$) |
|--------------------|--|-------|-------|----------|---|
| In-Chimney Bracket | 8.83 | 48.53 | 60.73 | S.S. 304 | 178.5, 237.0, 428.4 |
| OR5 G.T. Holder | 1.61 | 18.41 | 27.31 | | |
| OR4 G.T. Holder | 0.70 | 24.70 | 37.80 | | |

Æ 7(a). Maximum Stress of Beam Structure for Dead, OBE and SSE Loads
(CASE I)

| Components (Element) | Dead Weight(MPa) | | | OBE(MPa) | | |
|--------------------------------|------------------|---------------|---------------|----------|---------------|---------------|
| | Axial | Minor Bending | Major Bending | Axial | Minor Bending | Major Bending |
| 1.CT/IR Guide Tube Holder(983) | 0.034 | 2.479 | 0.370 | 0.46 | 20.88 | 14.13 |
| 2. OR5 Guide Tube (3999) | 0.123 | - | - | 15.29 | - | 0.40 |
| 3. OR4 Guide Tube (5999) | 0.003 | - | 0.013 | 31.93 | - | 19.53 |

| Components (Element) | SSE (MPa) | | | Material | Type Classification |
|--------------------------------|-----------|---------------|---------------|----------|---------------------|
| | Axial | Minor Bending | Major Bending | | |
| 1.CT/IR Guide Tube Holder(983) | 0.601 | 26.11 | 18.85 | S.S.304 | Linear Supports |
| 2. OR5 Guide Tube (3999) | 39.34 | - | 0.30 | | Al.6061T6 | Components |
| 3. OR4 Guide Tube (5999) | 49.59 | - | 30.41 | | |

Æ 7(b). Maximum Stress of Beam Structure for Dead, OBE and SSE Loads
(CASE II)

| Components (Element) | Dead Weight(MPa) | | | OBE(MPa) | | |
|--------------------------------|------------------|---------------|---------------|----------|---------------|---------------|
| | Axial | Minor Bending | Major Bending | Axial | Minor Bending | Major Bending |
| 1.CT/IR Guide Tube Holder(983) | 0.034 | 2.479 | 0.370 | 0.45 | 21.1 | 13.5 |
| 2. OR5 Guide Tube (3999) | 0.123 | - | - | 88.58 | - | 18.51 |
| 3. OR4 Guide Tube (5999) | 0.003 | - | 0.013 | 24.88 | - | 13.9 |

| Components (Element) | SSE (MPa) | | | Material | Type Classification |
|--------------------------------|-----------|---------------|---------------|----------|---------------------|
| | Axial | Minor Bending | Major Bending | | |
| 1.CT/IR Guide Tube Holder(983) | 0.596 | 26.4 | 17.7 | S.S.304 | Linear Supports |
| 2. OR5 Guide Tube (3999) | 135.80 | - | 28.31 | | Al.6061T6 | Components |
| 3. OR4 Guide Tube (5999) | 37.32 | - | 21.05 | | |

Æ 8(a). Combined Stress Ratios of Beam Structure for Dead, OBE and SSE Loads
(CASE I)

| Components (Element) | F _a | | | F _b | | | Stress Ratio | | |
|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Service Level A | Service Level B | Service Level D | Service Level A | Service Level B | Service Level D | Service Level A | Service Level B | Service Level D |
| 1. CT/IR G.T. Holder(983) | 98.0 | 130.3 | 235.2 | 107.8 | 143.4 | 258.7 | 0.027 | 0.248 | 0.176 |
| 2. OR5 Guide Tube (3999) | 98.0 | 130.3 | 235.2 | 107.8* | 143.4 | 258.7 | 0.001 | 0.120 | 0.168 |
| 3. OR4 Guide Tube (5999) | 41.3 | 62.0 | 99.1 | 41.3** | 62.0 | 99.1 | 0.0004 | 0.83 | 0.807 |

*107.8 = 0.66 x (163.4, yield strength), ** : F_b is taken by F_a since F_b > F_a.

Æ 8(b). Combined Stress Ratios of Beam Structure for Dead, OBE and SSE Loads
(CASE II)

| Components (Element) | F _a | | | F _b | | | Stress Ratio | | |
|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Service Level A | Service Level B | Service Level D | Service Level A | Service Level B | Service Level D | Service Level A | Service Level B | Service Level D |
| 1. CT/IR G.T. Holder(983) | 98.0 | 130.3 | 235.2 | 107.8 | 143.4 | 258.7 | 0.027 | 0.245 | 0.173 |
| 2. OR5 Guide Tube (3999) | 98.0 | 130.3 | 235.2 | 107.8* | 143.4 | 258.7 | 0.001 | 0.809 | 0.687 |
| 3. OR4 Guide Tube (5999) | 41.3 | 62.0 | 99.1 | 41.3** | 62.0 | 99.1 | 0.0004 | 0.625 | 0.589 |

*107.8 = 0.66 x (163.4, yield strength), ** : F_b is taken by F_a since F_b > F_a.

3.6 Base Frame 고정장치와 OR 안내관 고정장치에 대한 구조건전성 평가

Base frame 고정장치는 원자로 침니상부의 4곳에 있는 사이폰닝 구멍을 이용하여 침니내부지지대를 최종 고정시키는 역할을 한다. 수중원격 설치를 좀 더 쉽게 수행하기 위하여 그림 2의 base frame 고정장치를 그림 6에 보여준 도면으로 설계 변경하였다. 위 4곳의 base frame 고정장치에 발생하는 힘을 보수적으로 평가하기 위하여 세방향 힘을 모두 SRSS법으로 조합하였으며, 이중 최대값은 668 N이 된다. 가장 취약할 것으로 판단되는 base frame 고정장치의 4 단면에 대하여 응력을 계산하였으며, 허용응력과 비교한 결과 모두 허용응력보다 작아 구조적으로 건전함을 알 수 있었다.

OR 안내관 고정장치에 대한 용접변형을 피하기 위하여 그림 7과 같이 4개의 볼트(M10)로 설계 변경하였다. OR 안내관 고정장치 볼트의 구조건전성을 평가하기 위하여 OR 안내관에 걸리는 최대하중(344N)을 계산하였으며, 한개의 OR 고정장치의 중량(4.6 kg)과 중력가속도의 3배를 가정하여 최종으로 더하면 총 494 N이 된다. 보수적으로 이 힘이 3방향으로 작용한다고 가정하여 SRSS법으로 조합하면 856N이 된다. 이 값에 대하여 볼트가 받는 응력을 산정하였으며, 모두 허용응력보다 매우 작아 구조적으로 건전하다고 판단된다.

3.7 피로손상 평가

하나로 설계수명동안 SSE 지진하중은 1회, OBE 지진하중은 5회 발생하는 것을 고려한다. 이들 지진하중에 대하여 반복 응력횟수는 SSE에서는 400회, OBE에서는 2400회가 발생되며, 이들의 전체 응력횟수는 2800회가 된다. 침니내부지지대에 대한 피로손상평가는 ASME, Appendix, Fig. I-9.2.1 [13]에서 정의된 피로 설계곡선을 이용하여 수행되었다.

운전조건 B와 D에 대한 해석결과로부터 침니내부지지대에서 발생된 응력강도 최대값에 응력집중계수, 4를 곱하여 얻은 응력 $S_{max.obe}$ 는 208 MPa이며, $S_{max.sse}$ 는 267 MPa가 된다.

2800회 주기에 대한 허용응력은 Fig. I-9.2.1로부터 500MPa로 나타났다. 그리고 응력집중계수를 곱한 최대응력, 267 MPa(30 ksi)에 대한 허용 주기는 100,000회로 피로누적계수는 0.028 (=2800/100000)로 계산되었는데, 이 값이 1보다 작아 피로로 인한 구조적 손상은 없을 것으로 판단된다.

4. 안전성 평가

침니내부지지대는 안전관련 구조물인 원자로 침니 상단아래 60cm 안쪽에 인접하여 고정되며, 조사공 CT/IR을 이용하는 안내관의 중간부분을 수평방향으로 잡아 주고, 조사공 OR을 이용하는 시험설비의 경우는 안내관의 상부를 고정할 수 있는 지지대를 제공함으로써 유체유발진동과 지진하중에 대한 동적거동을 감소시켜 구조적 건전성을 높일 수 있도록 설계되어 있다. OBE와 SSE 지진하중에 대한 침니내부지지대와 이의 설치로 인하여 발생하는 원자로 구조물의 응력을 ASME 설계기준에 따라 평가한 결과 최대 발생응력이 모두 허용응력 이내에 있으며, 피로 제한값을 만족하였다.

따라서 침니내부지지대 추가설치로 인한 구조건전성이 보장되었으며, 원자로 냉각계통과 원자로 정지에 주는 영향이 전혀 없으므로 사고 안전성 평가와는 관련이 없는 것으로 판단된다.

5. 설치 및 사용 절차

설치와 사용 절차에 관한 자세한 내용은 이미 작성된 기술문서인 설치 절차서 [부록 I]와 사용 절차서[부록 II]를 참조하기로 하고, 여기서는 설치와 사용 절차를 간략하게 기술한다.

5.1 설치 절차

1) Base Frame 및 OR Clamp Assembly 설치

- ① 스프링 밸런서와 성능검증된 설치공구를 이용하여 설치시의 안전성과 용이성 확보.
- ② Base frame과 OR clamp는 볼트로 조립되어 한 몸체로 되어 침니 벽면 사이편 구멍을 이용하여 남쪽과 북쪽에 각 1 세트씩 설치 고정 : 반영구적 설치 (그림 6 참조)
- ③ 쇠기형태의 빗장을 나사로 조여서 일정한 토크로 체결 및 나사풀림방지.

2) CT/IR Clamp 설치

- ① 스프링 밸런서를 사용한 설치시의 안전성과 용이성 확보.
- ② 직경 $\phi 3.4$ mm 스테인레스 케이블이 달린 CT/IR clamp를 base frame 위에 얹고 4개의 잠금장치로 상하운동 고정 (그림 1 참조)한 후, 케이블은 수조 상부에 고정.
- ③ Base frame의 pin과 pin hole 조립방식으로 좌우운동 고정 (그림 1 참조)

5.2 사용 절차

1) CT/IR Clamp 설치 및 고정 방법

- ① CT/IR clamp assembly를 base frame assembly 위에 얹는다.
- ② Locker를 시계방향으로 돌려서 잠근다.(핵연료 장전방식)
- ③ CT, IR1 또는 IR2에 설치하고자 하는 조사관을 설치한다
- ④ Adjust screw(그림 5, item 3)를 8-10kg의 하중으로 아래쪽으로 누르면서 클러치를 끊은 후 시계방향으로 돌려서 clamp를 오므리고 토크 값을 10 N-m로 쥘다.

2) CT/IR Clamp 이완 및 제거 방법

- ① Adjust shaft를 8-10kg의 하중으로 아래쪽으로 누르면서 클러치를 끊은 후 반시계방향으로 돌려서 clamp가 완전히 벌어지도록 한다.
- ② CT, IR1 또는 IR2에 설치되어 있던 조사관을 제거한다.
- ③ Locker 반시계방향으로 돌려서 푼다.(핵연료 해체방식)
- ④ CT/IR clamp assembly를 침니에서 꺼내어 지정된 곳(작업수조)에 보관한다.

3) OR 조사관 설치 및 고정방법

- ① OR clamp에 조사관을 넣는다.
- ② Clamping bolt (그림 7, item 2)시계방향으로 돌린후(약 12 바퀴) 토크 값을 10 N-m로 잠근다. 이 때 bellcrank(그림 7, item 4)가 약 30° 회전하여 안내관을 측면으로 고정함과 동시에 아래 쪽으로도 눌러지도록 하여 고정.

4) OR 조사관 해체방법

- ① Clamping bolt를 반시계방향으로 회전하면(약 12 바퀴) 인장 스프링에 의해 bellcrank가 열리게 되어 clamp를 푼다.
- ② OR clamp로부터 조사관을 제거한다.

6. 결 론

- 1) 조사공 CT/IR을 이용하는 계장시험의 경우에는 안내관 중간부분을 수평방향으로 추가 고정하고, 조사공 OR을 이용하는 경우는 안내관의 상부를 고정하는 침니내부지지대는 유체유발진동과 지진하중에 대한 동적거동을 감소시켜 조사시험을 안전하게 수행할 수 있도록 원자로 침니 상단 아래 60 cm 지점의 사이펀닝 구멍을 이용하여 설치되도록 설계함.
- 2) 침니내부지지대 관련 구조물을 포함한 원자로 구조물에 대한 최종 구조해석 모델을 작성하였으며, 이에 대한 ANSYS 구조해석 프로그램을 사용하여 지진응답 해석을 수행하였다. 해석결과들을 ASME 코드에 따라 평가한 결과, 발생응력들이 모두 허용기준을 만족하였으며 피로 제한값을 만족하였으므로 침니내부지지대를 추가 설치하여도 구조적으로 건전함.
- 3) 원자로 냉각계통과 원자로 정지에 주는 영향이 전혀 없으므로 사고 안전성 평가와는 관련이 없는 것으로 판단됨.
- 4) 예비 설치를 통하여 침니상부 RTD 센서와 간섭사항이 발생되어 북동 base frame 고정장치의 설계변경 및 제작 완료한 후, 수정된 설치 절차서와 사용 절차서에 따라 설치를 확인함.
- 5) 실제 원자로 침니 As-built를 반영한 설계를 수행하였으며, 이를 위하여 침니 측정장치, 모조 침니 및 설치 공구를 개발함.
- 6) 인허가 기관에 "침니내부지지대에 대한 경미한 사항 변경신고서"를 제출하였으며, 보완자료 제출을 요구받아 답변을 완료한 후, 최종 인허가를 받았음.
- 7) 침니내부지지대의 설계, 제작, 설치 및 인허가 과정을 모두 완료하여 설치 계획서를 하나로 안전심의위원회의 안건으로 상정하고 심의 완료후 최종 설치함.

7. 참고 문헌

- [1] 강영환 외, "하나로에 설치될 계장캡슐 및 고정장치의 구조건전성 평가보고서", 기술보고서 KAERI/ TR-601/96, 한국원자력연구소, 1996.
- [2] 강영환 외, "재료조사시험용 캡슐 및 관련 설비의 안전성 분석보고서", 기술보고서 KAERI/TR-985/98, 한국원자력연구소, 1998.
- [3] 류정수 외, "하나로 침니내부지지대에 대한 구조건전성 평가", 기술보고서 KAERI/TR-1398/99, 한국원자력연구소, 1999.
- [4] 이종희, 조영갑, 황승렬, "침니내부지지대 제작 기술시방서", HAN-RS-DD-312-98-002, Rev.0, 하나로센터, 1999. 5. 6.
- [5] 류정수, 이종희, "설계변경요청서", HAN-RS-DC-00-001, 하나로운영팀, 2000. 1. 10.
- [6] 조영갑, 류정수, "침니내부지지대 설치절차서", HAN-RS-OT-401-99-001, Rev. 1, 하나로이용연구단, 2000. 2. 17.
- [7] 조영갑, 류정수, "침니내부지지대 사용절차서", 하나로운영절차서, HANTAP-05-OD-ROP-ST-04, Rev.0, 하나로이용연구단, 2000. 2. 16
- [8] ASME Code Section III, Division 1, Subsection NF, Component Supports, 1989.
- [9] ASME Code Section III, Div. 1, Appendix F, Rules for Evaluation of Service Loadings with Level D Service Limits, 1989.
- [10] A.S. Banwatt, "Stress Analysis for the KMRR Reactor Assembly," AECL-SR-37-31200 -001, Rev.2, 1992.
- [11] KOPEC, "Structural Dynamics and Static Analysis for KMRR Reactor Building, KM-210-DC -P001 to P006, 1988.
- [12] J.K. Biswas, Stress Analysis Interface Data for KMRR, AECL, SR-37-31000-200-900, Rev.1, 1993.
- [13] ASME Code Section III, Division 1 - Appendices, 1989.

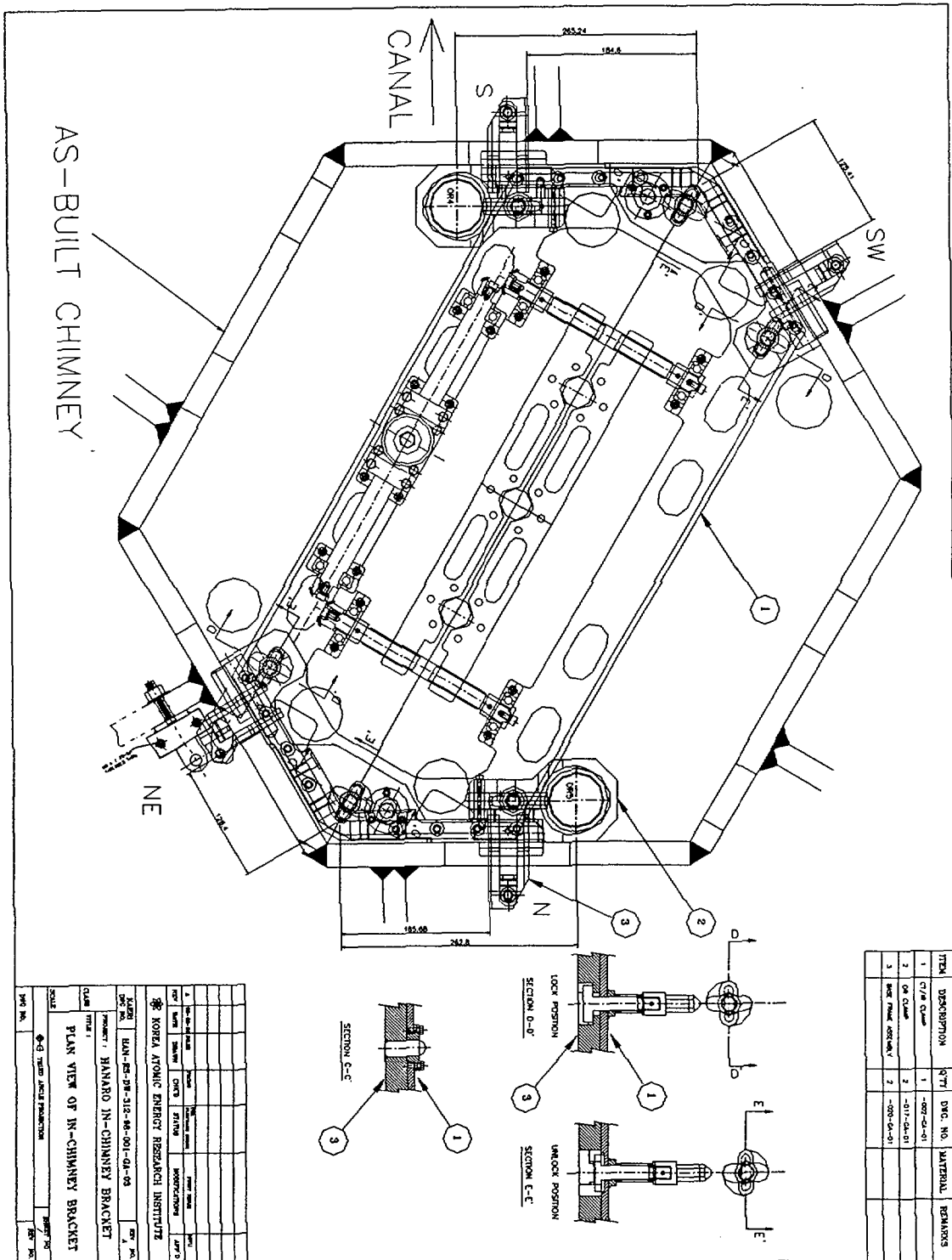


그림 1. 하나로 침니내부지지대에 대한 평면도

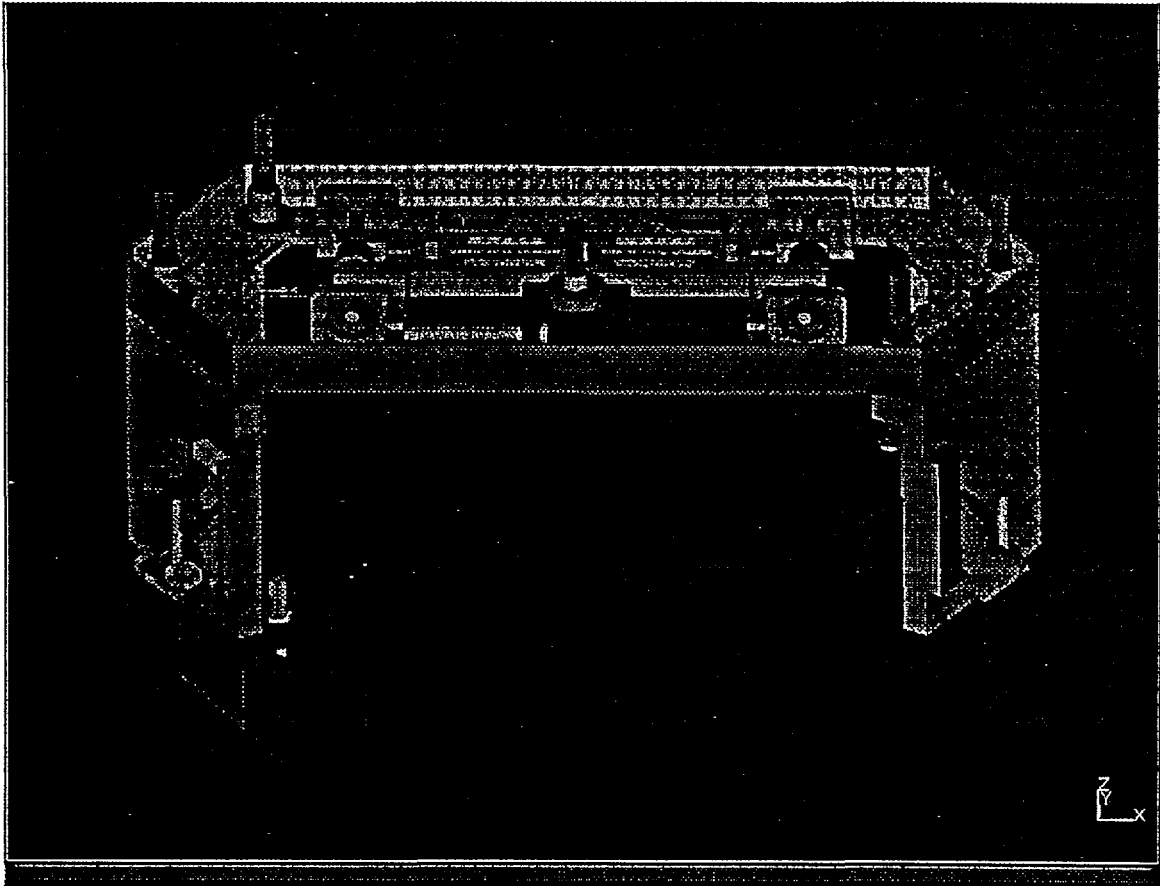


그림 2 하나로 침니내부지지대의 3차원 모델

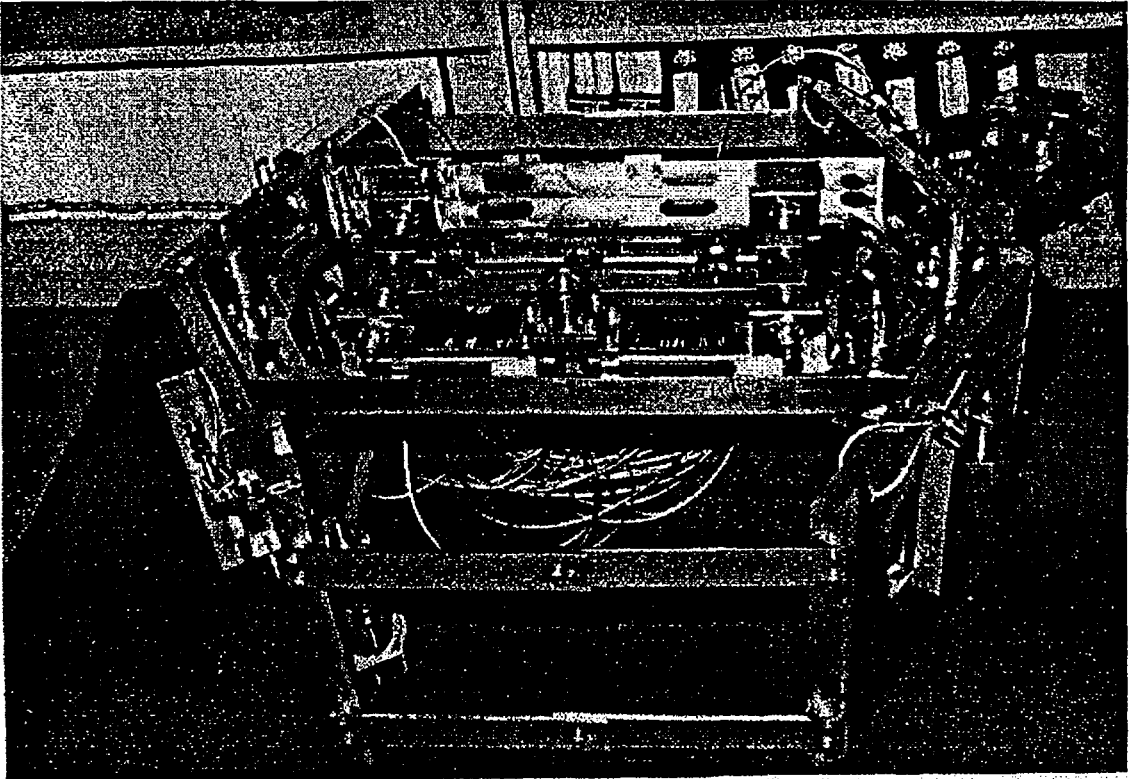


그림 3 모조 침니에 설치된 침니내부지지대

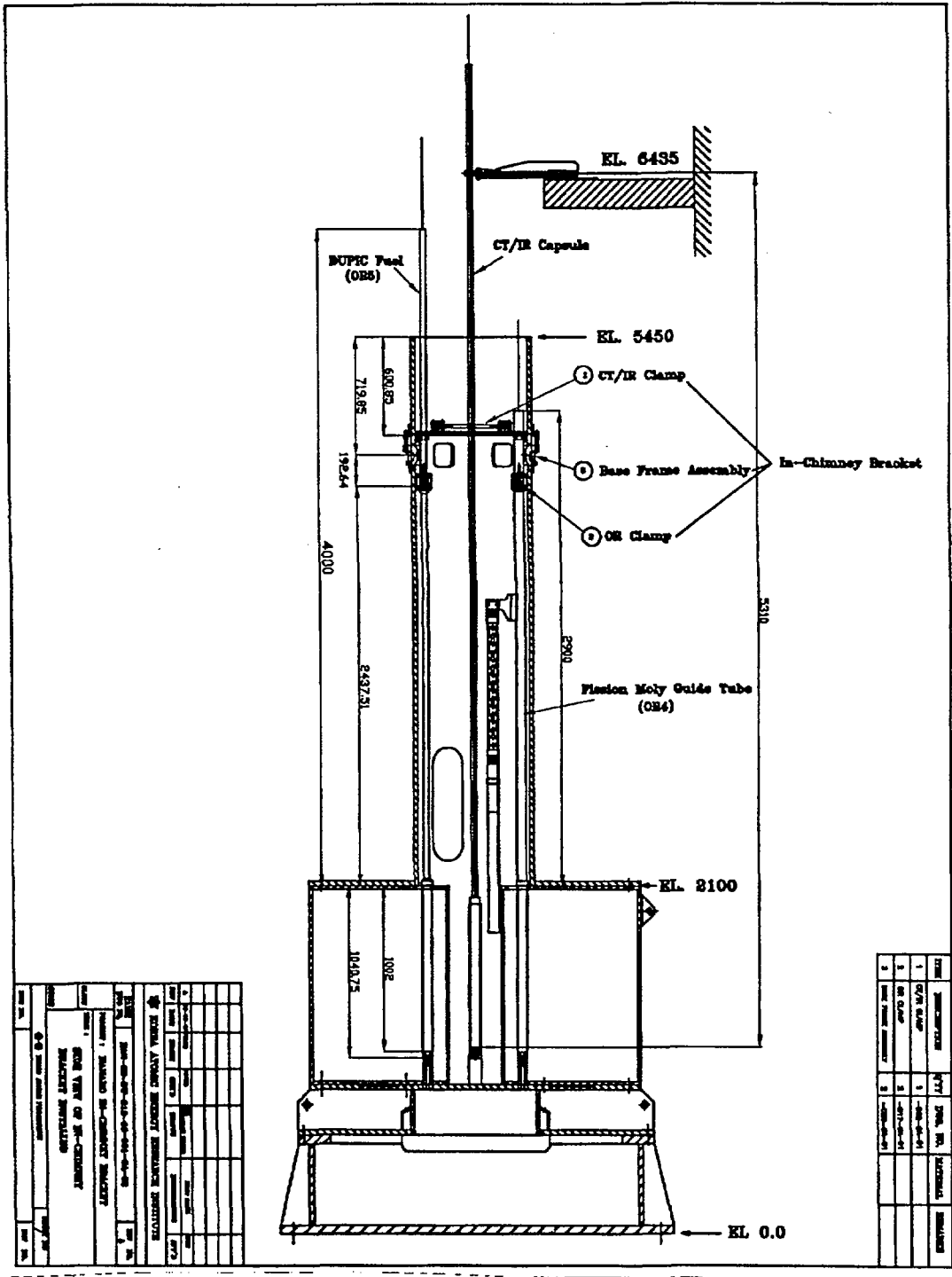


그림 4 하나로 침니내부지지대 설치도

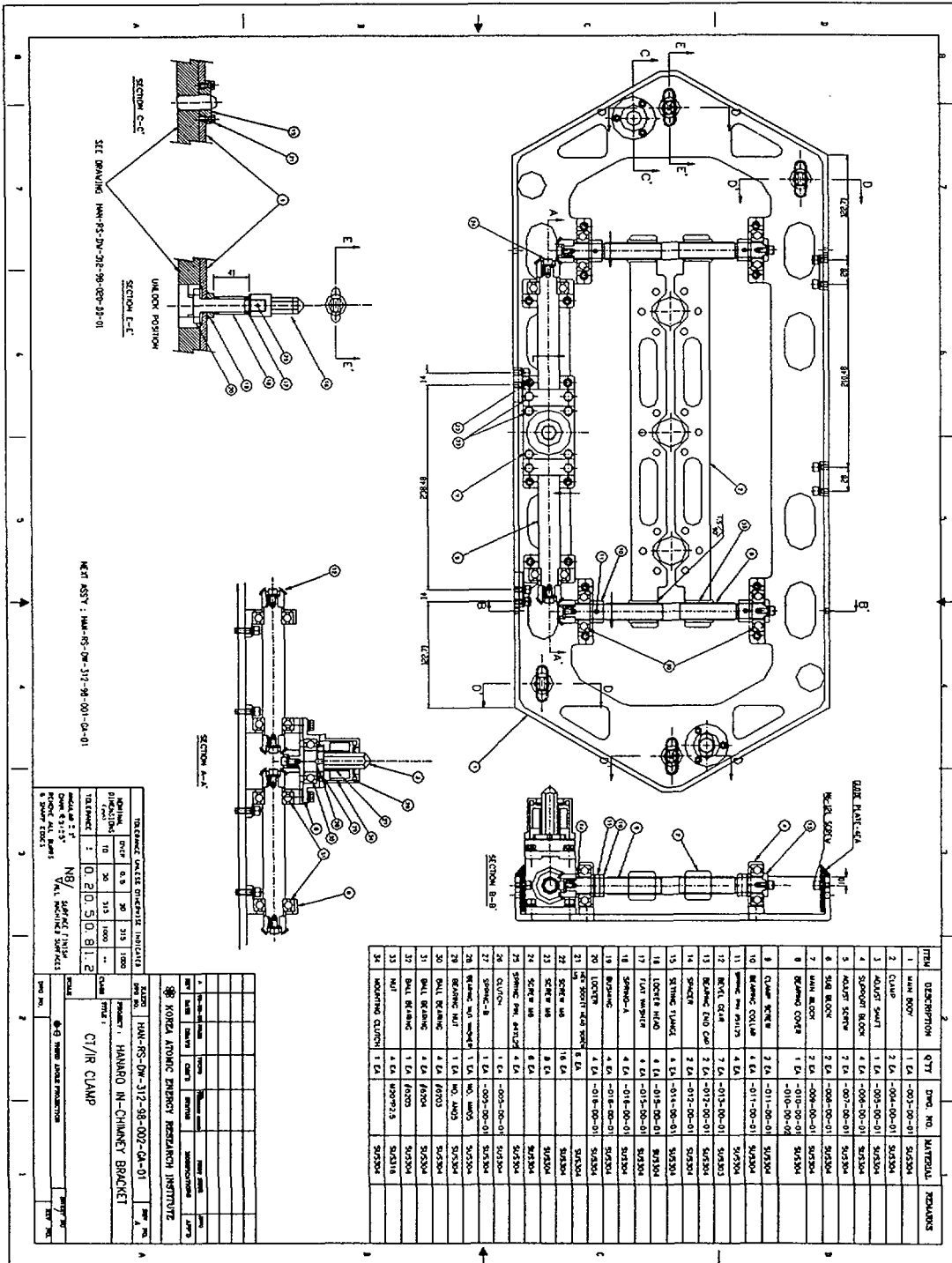
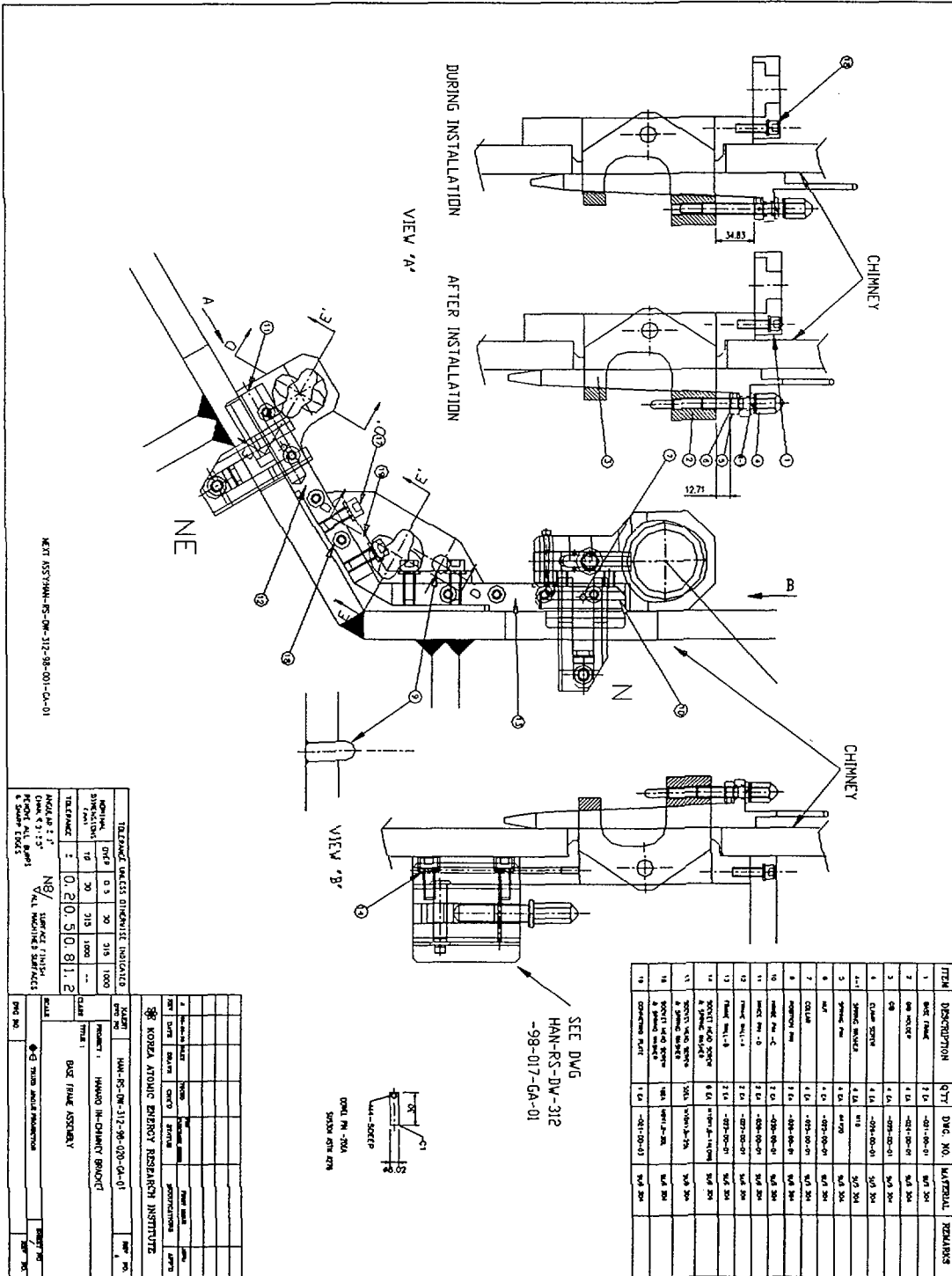
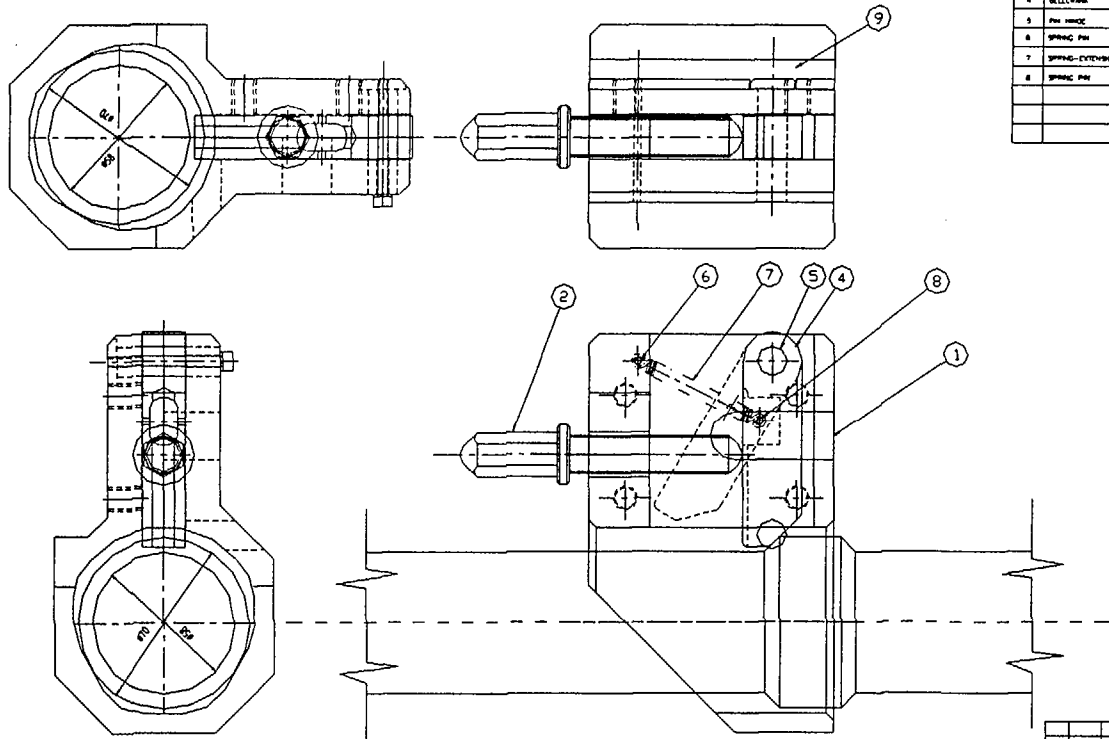


그림 5. CT/IR Clamp



6. Base Frame Assembly



| ITEM | DESCRIPTION | Q'TY | DWG. NO. | MATERIAL | REMARKS |
|------|------------------|------|------------|---------------|-------------|
| 1 | WASH BODY | 1 | -018-00-01 | SUS304 | |
| 2 | CLAMPING NUT | 1 | -018-00-01 | SUS304 | |
| 3 | | | | | DELETED |
| 4 | BELLOWS | 1 | -018-00-01 | SUS304 | |
| 5 | SPRING PIN | 1 | -018-00-01 | SUS304 | |
| 6 | SPRING PIN | 1 | | TYPE304ST, ST | HA SCREW-44 |
| 7 | SPRING EXTENSION | 1 | -018-00-01 | TYPE304ST, ST | |
| 8 | SPRING PIN | 1 | | TYPE304ST, ST | HA17 L6 |

NEXT ASSY: HAN-RS-DW-312-98-001-GA-01

| TOLERANCE UNLESS OTHERWISE INDICATED | | | | | |
|---|------|-----|-----|------|------------|
| NOMINAL DIMENSIONS (mm) | OVER | 0.3 | 30 | 315 | 1000 |
| | TO | 30 | 315 | 1000 | -- |
| TOLERANCE | : | 0.2 | 0.5 | 0.8 | 1.2 |
| ANGULAR ± 1° CHAM. R3-R5 REMOVE ALL BURRS & SHARP EDGES | | | | | |
| NB/ ALL SURFACE FINISH V ALL MACHINED SURFACES | | | | | |
| KOREA ATOMIC ENERGY RESEARCH INSTITUTE HAN-RS-DW-312-98-017-GA-01 PROJECT: HANARO IN-CHIMNEY BRACKET TITLE: OR CLAMP | | | | | REV. NO. A |
| SCALE: ④ THIRD ANGLE PROJECTION | | | | | DATE |

그림 7. OR Clamp

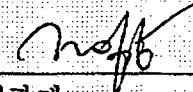
부 록 1 : 침니내부지지대 설치절차서

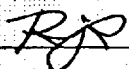
Korea Atomic Energy Research Institute

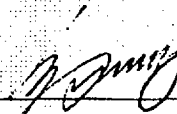
하나로 이용 연구 단


Title : 침니내부지지대 설치절차서
(Installation Procedure for In-Chimney Bracket)

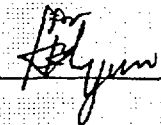
Document Number : HAN-RS-OT-401-99-001, Rev. 1, Date : 2000. 2. 17.

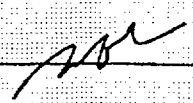
작성 자 : 조 영 강 
연구로계통관리과제 서명일: 2/16

류 정 수 
연구로계통관리과제 서명일: 2/16

검 토 자 : 우 중 섭 
연구로계통관리과제 서명일: 2/16

검 토 자 : 황 승 렬 
연구로운전관리과제 서명일: 2/16

Q A 검 토 : 임 남 진 
품질보증실장 서명일: 2/16

승 인 자 : 전 병 진 
하나로운영팀장 서명일: 2/16

목 차

| | | | | |
|-----|------------|---------------------|-------|--------|
| 1.0 | 목 | 적 | ..... | 2 |
| 2.0 | 참 | 조 | ..... | 2 |
| 3.0 | 소요 | 장비 | ..... | 3 |
| 4.0 | 주의 | 사항 | ..... | 3 |
| 5.0 | 설치 | 절차 | ..... | 4 |
| 6.0 | Base Frame | 및 OR Clamp Assembly | 해체 절차 |6 |
| 7.0 | 붙 | 임 | ..... | 6 |

1.0 목 적

하나로의 노심에는 재료조사시험 및 핵연료 시험용으로 CT, IR1 및 IR2에 육각형 조사공 3군데와 OR3~OR6 등 원통형 조사공 4곳이 확보되어 있다. 이들 조사시험공은 핵연료나 재료의 노내 조사시험과 방사성 동위원소 생산에 활용되고 있다. 시험용 시료의 노내 조사시험에는 계측기가 부착되어 있지 않는 무게장 조사시험과 중성자계측기, 열전대 등 각종 계측기가 부착되고, 보호관(혹은 안내관)이 조사시험물의 상부에 연결되어 원자로수조 밖의 계측계통까지 연결되어 있는 계장 조사시험이 있다. 하나로에서 계획중인 계장형 시험에는 계장캡슐을 이용한 재료조사시험, 높은 선출력에서 계장형 시험다발, 핵연료(DUPIC, 신형, 미래형) 조사시험, Fission Moly 표적연료 조사시험 등이 있다.

침니내부지지대(그림 1, 2 참조)는 조사시험을 위한 보조 지지구조물로서 조사공 CT, IR1, IR2를 이용하는 계장시험의 경우에는 조사공 스파이더(spider)와 원자로수조 벽에 설치된 계장캡슐 로봇트팔 사이 안내관의 중간부분을 수평방향으로 추가 고정하는 역할을 하며, 조사공 OR4와 OR5를 이용하는 계장시험의 경우는 안내관의 상부를 고정할 수 있는 지지대 역할을 한다. 이들 계장형 조사시험의 수행시에 유체유발진동과 지진하중에 대한 동적거동을 감소시켜 조사시험을 안전하게 수행할 수 있도록 침니내부지지대를 원자로 침니상단 아래 60 cm 지점에 있는 싸이폰닝 구멍을 이용하여 설치한다. 이 절차서는 침니내부지지대의 설치시 하나로의 안전성을 높이고, 효율적으로 수행하기 위하여 작성되었다.

2.0 참 조

2.1 침니내부지지대 도면

- 1) HAN-RS-DW-312-98-001-GA-01
- 2) HAN-RS-DW-312-98-001-GA-02
- 3) HAN-RS-DW-312-98-001-GA-03
- 4) HAN-RS-DW-312-98-002-GA-01
- 5) HAN-RS-DW-312-98-017-GA-01
- 6) HAN-RS-DW-312-98-020-GA-01

2.2 모조침니 도면

- 1) HAN-RS-DW-312-99-038-GA-01
- 1) HAN-RS-DW-312-99-038-GA-02

2.3 침니내부지지대 설치공구(Base Frame Assembly Installation Tool)

- 1) HAN-RS-DW-431-99-043-GA-01
- 2) HAN-RS-DW-431-99-044-GA-01
- 3) HAN-RS-DW-431-99-045-GA-01

2.4 류정수, 이재한, 조영갑, 이중희, 박진호, “하나로 침니내부지지대에 대한 구조건전성 평가”, 기술보고서 KAERI/TR-1398/99, 한국원자력연구소, 1999. 9.

3.0 소요 장비

- (1) 침니내부지지대
 - Base frame assembly 2 개: 각 25.3 kg (수중 무게 22.1 kg)
 - CT/IR clamp assembly 1 개: 23.9 kg (수중 무게 22.1 kg)
 - Gib 4 개 : 0.7 kg (수중 무게 0.6 kg)
- (2) Dummy Chimney: 약 40 kg
- (3) Level reference angle
- (4) Base frame assembly installation tool: 10.25 m, 22 kg (수중 최소무게 16.8 kg)
- (5) Gib hook tool (∅1mm cable 10.4m 연결)
- (6) M10 bolt handling tool (Middle carriage torque tool: #RMT24-3): 10.5m,
공기중 무게: 21 kg, 수중 최소무게: 14.5 kg
- (7) 스프링 밸런서 #1(35-58 kg 사용범위)
- (8) 스프링 밸런서 #2(5-40 kg 사용범위)
- (9) Pool view glass
- (10) 망원경

4.0 주의 사항

- (1) 원자로 수조에 들어가는 모든 공구 및 장치는 수조에 넣기 전에 반드시 아세톤으로 세척한 후, 필요시 순수로 다시 세척한다.
- (2) 수조 내에서 공구를 걸고 작업할 때에 원자로 부품과 매달린 물체의 파손방지를 위해서는 반드시 매달릴 물체의 중량을 근거로 적절한 하중범위의 스프링 밸런서를 사용해야 하고, 지시대로 설정하여야 한다.
- (3) 수조 작업시에는 맑은 시야를 확보하기 위해서 pool view glass를 사용하기를 권장한다.
- (4) 작업 도중 수조내 또는 원자로 내부로 이물질이 떨어지지 않도록 해야 한다.
- (5) 작업시에는 주위의 다른 정지봉 또는 제어봉 장치에 부딪히지 않도록 해야 한다.

5.0 설치 절차

5.1 사전 준비 사항

- (1) Base frame assembly(그림 1과 그림 2의 item 3)를 모조침니 벽에 설치하고 그 위에 CT/IR clamp(그림 3)를 설치한다. 이 때 gib은 끼우기만 하고 clamp screw(그림 4, item 4)는 잠그지 않는다.
- (2) Adjust shaft(그림 3, item 3)를 반시계방향으로 돌려서 clamp (그림 3, item 2)를 최대한 벌려 놓는다. Adjust shaft를 돌릴 때에는 풀림방지 기능을 하는 clutch (그림 3, item 26)를 끊어주어야 하므로 8-10kg의 힘으로 누르면서 돌려야 한다.
- (3) 모조 침니, base frame assembly 및 CT/IR clamp 조립체를 수로 바닥에 내린다.

5.2 Base Frame 및 OR Clamp Assembly 설치

Base frame과 OR clamp는 볼트로 조립되어 한 몸체로 되어 침니 벽면 싸이폰닝 구멍을 이용하여 설치 고정되며, 설치 이후에는 그림 4와 같이 설치되어 특별한 문제가 없는 한 영구히 침니에 남아 있게 되고 그 설치 절차는 아래와 같다.

- (1) Gib hook tool로 gib(그림 4, item 3)을 수조 밖으로 꺼낸다.
- (2) Level reference angle을 맨브리지 guard rail에 고정한다.
- (3) 스프링 밸런서 #1에 base frame assembly 설치공구를 걸고 이것을 사용하여 base frame assembly 한 개를 모조 침니에서 실제 침니로 이동하여 싸이폰닝 구멍으로 집어넣고 두 벽이 만나는 모서리 쪽으로 붙인다. 이때 남쪽과 북쪽의 base frame assembly를 각각 제 위치에 설치하도록 주의한다.
- (4) Base frame assembly 설치공구를 base frame assembly에 그대로 걸고 있는 상태에서 gib을 gib holder에 끼우고 gib가 매달려 올라가지 않는 한도 내에서 cable을 팽팽하게 당기면서 gib cable과 level reference angle 상단면이 만나는 지점이 $823 \pm 5\text{mm}$ 이내에 있는지 확인하고, 그 값을 붙임 7.1에 기록한다. 같은 방법으로 나머지 gib을 설치하고 반대편 base frame assembly도 같은 방법으로 작업한다. 이때 SW, S, NE, N이 표시된 gib을 각각 제 위치에 설치하도록 주의한다.
- (5) Base frame assembly 설치공구를 base frame assembly로부터 분리하고 같은 방법으로 다른 하나의 base frame assembly와 gib을 설치한다.
- (6) 스프링 밸런서 #2에 M10 bolt handling tool (middle carriage torque tool)을 걸고 이것을 사용하여 clamp screw(그림 4, item 4)를 시계방향으로 회전수를 세면서 돌리고 손으로 살짝 잠근다. 두 개의 gib을 모두 손으로 잠근 후 토오크 렌치를 사용하여 최종 토오크 값 8 N-m로 잠근다. 이 때 남서쪽과 남쪽 중에서는 남서쪽을 먼저 죄고, 북동쪽과 북쪽 중에서는 북동쪽을 먼저 죄는다. 각 clamp screw의 회전수는 10-27회 범위 이내에 있음을 확인하고 그 값을 붙임 7.1에 기록한다. 회전수는 침니 벽의 실제

두께, gib의 치수 및 침니의 두 벽이 이루는 각도 등에 따라 다를 수 있으며 참고로 모조 침니에 설치할 때의 gib 회전수는 SW, S, NE, N에 대하여 각각 24, 20+3/4, 23+1/2, 17이다.

5.3 CT/IR Clamp 설치

- (1) CT/IR clamp assembly에 달려 있는 $\phi 3.4$ mm 케이블을 스프링 밸런서 #2 (RMT90-2, 5-40 kg 사용범위)에 걸어서 base frame assembly 위에 올려 놓고(이 때 남쪽과 북쪽에 있는 핀이 핀 구멍 속으로 들어감) 케이블은 수조상부 hand rail에 묶어 둔다. 이 때 adjust shaft (그림 3의 item 3)가 동쪽을 향하도록 그림 1과 같은 방향으로 설치해야 한다.
- (2) 스프링 밸런서 #2에 middle carriage torque tool (RMT24-3)을 걸고 이것을 사용하여 4곳을 눌러 보면서 CT/IR clamp가 base frame 위에 평평하게 잘 설치되었는지 확인한다. Middle carriage torque tool를 이용하여 locker head(그림 3, item 16)를 12-14 kg의 힘으로 누르면서 시계방향으로 90도 돌려서 잠근다. Locker head는 모두 4개로서 남쪽, 남서쪽, 북쪽, 북동쪽에 위치하고 있다. Locker head의 육각머리에 있는 slot 방향이 IR1-IR2를 있는 선에 직각 방향이면 잠긴 상태이고 IR1-IR2를 있는 선에 평행한 방향이면 풀린 상태이므로 작업 후에는 잠긴 상태를 망원경으로 반드시 확인한다.
- (3) 잠금 상태를 확인한 후에는 locker head(그림 3, item 16)를 12-14 kg의 힘으로 누르면서 반시계방향으로 90도 돌려서 locker를 푼다. Locker head의 육각머리에 있는 slot 방향이 IR1-IR2를 있는 선에 직각 방향이면 잠긴 상태이고 IR1-IR2를 있는 선에 평행한 방향이면 풀린 상태이므로 작업 후에는 풀린 상태를 망원경으로 반드시 확인한다.
- (4) CT/IR clamp assembly 케이블을 스프링 밸런서 #2 (RMT90-2, 5-40 kg 사용범위)에 걸고 CT/IR clamp assembly를 침니에서 꺼내어 지정된 곳(작업수조 또는 수로)에 보관한다.

5.4 설치후 조치 사항

- (1) 모조 침니를 수조 밖으로 꺼내어 제염하고 1 층 창고에 보관한다.
- (2) 사용한 tool은 지정된 장소에 보관한다.

6.0 Base Frame 및 OR Clamp Assembly 해체 절차

Base frame과 OR clamp assembly는 서로 볼트로 조립되어 특별한 문제가 없는 한 5.2절에 기술된 절차대로 설치되어 영구히 침니에 남아 있게 되나, 침니로부터 제거되어야 할 필요가 있을 때에는 다음과 같은 절차로 해체한다.

- (1) 깨끗하게 세정된 모조침니를 수로 바닥에 내린다.
- (2) 스프링 밸런서 #2에 M10 bolt handling tool (middle carriage torque tool)을 걸고 이것을 사용하여 clamp screw(그림 4, item 4)를 반시계방향으로 회전수를 세면서 돌려서 푼다. 각 clamp screw에 대하여 풀어야 할 회전수는 설치시에 기록된 불임 7.1의 값보다 2 바퀴 이상 돌린다. 4개(SW, S, NE, N)의 clamp screw를 모두 푼다.
- (3) Base frame assembly 설치공구를 북쪽 또는 남쪽 base frame assembly에 건다.
- (4) Base frame assembly 설치공구를 base frame assembly에 걸고 있는 상태에서 gib hook tool로서 gib을 걸어서 gib holder로부터 빼내어 수조 밖으로 꺼낸다. 한 쪽의 base frame assembly에는 각각 2개의 gib가 있다.
- (5) Base frame assembly를 모조 침니로 이동하여 싸이폰닝 구멍으로 집어넣고 두 벽이 만나는 모서리 쪽으로 붙인다. 이때 남쪽과 북쪽의 base frame assembly를 각각 제 위치에 설치하도록 주의한다.
- (6) Base frame assembly 설치공구를 base frame assembly에 걸고 있는 상태에서 수조 밖으로 꺼내 둔 gib을 gib holder에 끼운다. 이때 SW, S, NE, N이 표시된 gib을 각각 제 위치에 설치하도록 주의한다.
- (7) Base frame assembly 설치공구를 base frame assembly로부터 분리하고 같은 방법으로 다른 하나의 base frame assembly와 gib을 위의 (3)에서 (6)과 같은 방법으로 모조침니로 옮긴다.
- (8) Base frame assembly가 설치된 모조 침니를 수조 밖으로 꺼내어 최종 해체를 완료한다.

7.0 불 임

불임 7.1 설치시의 측정치 기록지

붙임 7.1 설치시의 측정치 기록지

| 절차번호 | 측정 내용 | 측정값 | 비고 |
|---------|---------------------|--------------------------|----------|
| 5.2 (4) | Gib 위치 | S : SW: N : NW: | 823±5 mm |
| 5.2 (6) | Gib Clamp Screw 회전수 | S : SW: N : NW: | 10-27 회 |

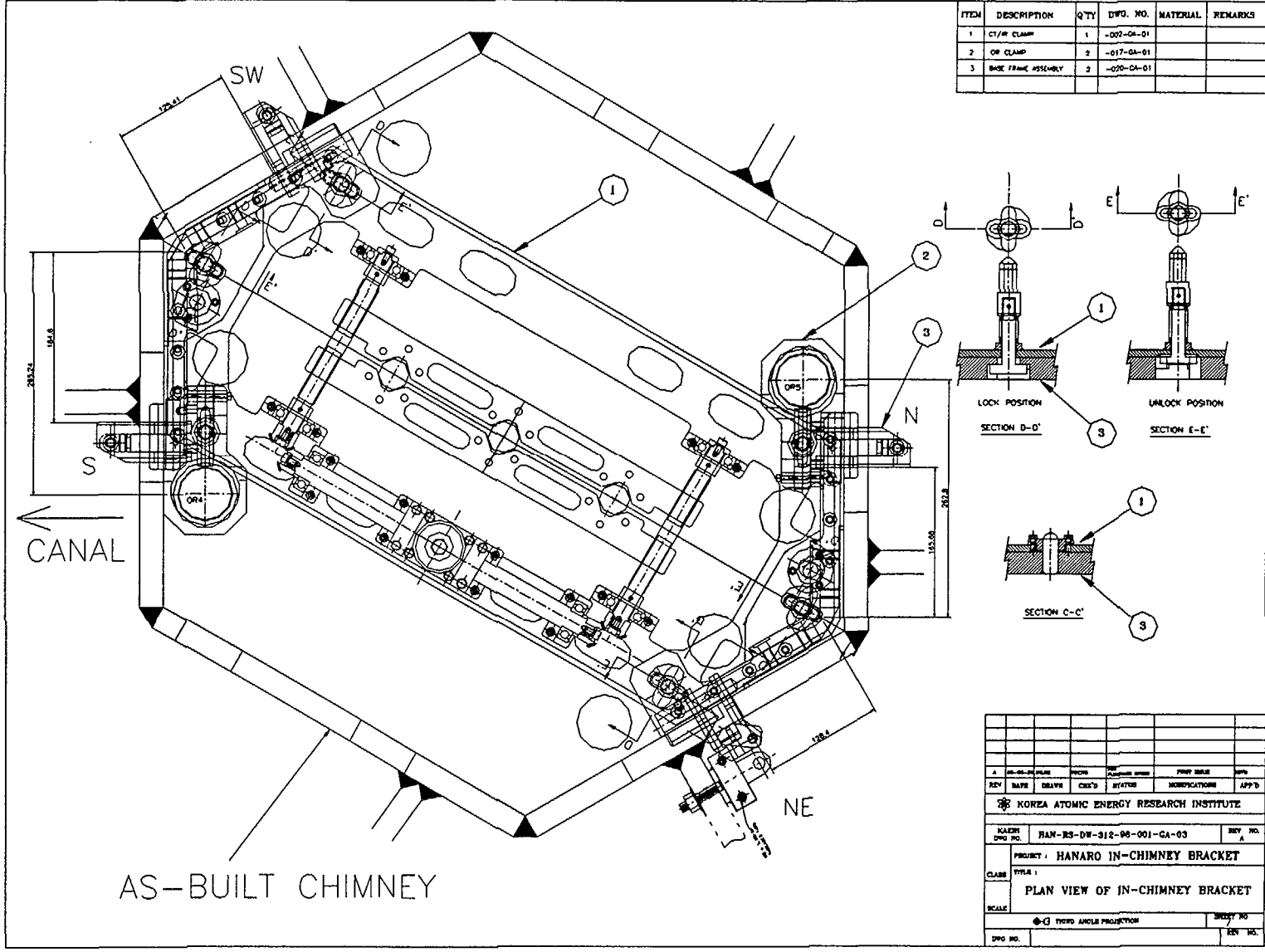


그림 1. 침니내부지지대 평면도

부 록 II : 하나로 운영절차서,
침니내부지지대 사용절차

하나로 운영 절차서

1. 절차서 종류 : 특수 절차서
2. 절차서 제목 : 침니내부지지대 사용 절차
3. 절차서 번호 : HANTAP-05-OD-ROP-ST-04
4. 절차서 작성 및 개정 이력

| 개정 번호 | 작성자/서명 | 발행 또는 개정 이유 | 승인자/서명 | 승인 일자 |
|-------|------------------|-------------|--------|--------------|
| 0 | 조영갑/MS 류정수/RS | 최초 발행 | 전병진/MS | 2000. 02. 16 |
| 1 | / | | / | |
| 2 | / | | / | |
| 3 | / | | / | |
| 4 | / | | / | |
| 5 | / | | / | |
| 6 | / | | / | |
| 7 | / | | / | |
| 8 | / | | / | |
| 9 | / | | / | |
| 10 | / | | / | |

목 차

| | | | |
|-----|---|-------|---|
| 1.0 | 목 적 | ..... | 2 |
| 2.0 | 참 조 | ..... | 2 |
| 3.0 | 주의사항 | ..... | 2 |
| 4.0 | 초기조건 | ..... | 3 |
| 5.0 | 사용장비 | ..... | 3 |
| 6.0 | 사용절차 | ..... | 3 |
| 6.1 | CT/IR Clamp | ..... | 3 |
| 6.2 | OR Clamp | ..... | 5 |
| 6.3 | Base Frame 및 OR Clamp Assembly 해체/설치 .. | | 5 |

1.0 목 적

하나로의 노심에는 재료조사시험 및 핵연료 시험용으로 CT, IR1 및 IR2에 육각형 조사공 3군데와 OR3~OR6 등 원통형 조사공 4곳이 확보되어 있다. 이들 조사시험공은 핵연료나 재료의 노내 조사시험과 방사성 동위원소 생산에 활용되고 있다. 시험용 시료의 노내 조사시험에는 계측기가 부착되어 있지 않는 무게장 조사시험과 중성자계측기, 열전대 등 각종 계측기가 부착되고, 보호관(혹은 안내관)이 조사시험물의 상부에 연결되어 원자로수조 밖의 계측계통까지 연결되어 있는 계장 조사시험이 있다. 하나로에서 계획중인 계장형 시험에는 계장캡슐을 이용한 재료조사시험, 높은 선출력에서 계장형 시험다발, 핵연료(DUPIC, 신형, 미래형) 조사시험, Fission Moly 표적연료 조사시험 등이 있다.

침니내부지지대(그림 1, 그림 2 참조)는 조사시험을 위한 보조 지지구조물로서 조사공 CT/IR을 이용하는 계장시험의 경우에는 조사공 스파이더(spider)와 원자로수조 벽에 설치된 계장캡슐 로보트팔 사이 안내관의 중간부분을 수평방향으로 추가 고정하는 역할을 하며, 조사공 OR을 이용하는 계장시험의 경우는 안내관의 상부를 고정할 수 있는 지지대를 역할을 한다. 이들 계장형 조사시험의 수행시에 유체유발진동과 지진하중에 대한 동적거동을 감소시켜 조사시험을 안전하게 수행할 수 있도록 침니내부지지대를 원자로 침니상단 아래 60 cm 지점의 싸이폰닝 구멍을 이용하여 설치한다. 이 절차서는 침니내부 지지대의 운영절차서로써 CT/IR clamp 설치 및 고정방법과 OR clamp의 고정방법에 대하여 기술한다.

2.0 참 조

- 2.1 HAN-RS-DW-312-98-001-GA-01
- 2.2 HAN-RS-DW-312-98-001-GA-02
- 2.3 HAN-RS-DW-312-98-001-GA-03
- 2.4 HAN-RS-DW-312-98-002-GA-01
- 2.5 HAN-RS-DW-312-98-017-GA-01
- 2.6 HAN-RS-DW-312-98-020-GA-01

3.0 주의 사항

- 3.1 작업 도중 수조내 또는 원자로 내부로 이물질이 떨어지지 않도록 해야 한다.
- 3.2 작업시에는 주위의 정지봉장치 또는 제어봉장치에 부딪히지 않도록 해야 한다.

4.0 초기 조건

- 4.1 모든 정지봉 및 제어봉이 완전히 삽입된 상태여야 한다.
- 4.2 1차 냉각 펌프가 정지된 상태여야 한다.
- 4.3 정지봉 장치 펌프가 정지된 상태여야 한다.

5.0 사용 장비

- 5.1 Middle Carriage Torque Tool (Tool #RMT 24-3)
- 5.2 Torque Wrench (10 N-m 토크 가능한 것)
- 5.3 스프링 밸런서 #2 (Tool #RMT 90-2, 5-40kg 사용범위)
- 5.4 스프링 밸런서 #1 또는 #3
(계장캡슐 또는 다른 조사관 취급시 필요에 따라 적절한 것 선택)

6.0 사용 절차

6.1 CT/IR Clamp

CT/IR clamp(그림3)는 base frame assembly(그림 1과 그림 2의 item 3) 위에 pin과 locker로 조립 설치되며(그림 1, 그림 2, item 1), CT, IR1, IR2에 설치되는 계장캡슐이나 B-type 핵연료를 고정하는 기능을 한다. CT/IR clamp는 최대 직경 67mm, 최소 직경 32mm의 관을 3개까지 동시에 고정할 수 있다. 그리고 clamp(그림 3, item 2)에 adaptor를 추가 설치하면 더 작은 직경의 지지관도 고정할 수 있을 뿐만 아니라 adaptor size를 다르게 하여 CT, IR1, IR2에 직경이 각각 다른 지지관도 동시에 고정할 수 있도록 되어 있다. 그러나 서로 다른 크기의 관을 동시에 설치할 경우에는 고정되는 관이 동시에 물릴 수 있도록 CT/IR clamp의 adjust shaft(그림 3, item 3)에 가해야 하는 적정 토크를 수조 밖에서 시험으로 결정한 후에 설치해야 한다. CT/IR clamp의 adjust screw에는 풀림 방지 기능을 하는 톱니 물림방식의 클러치(그림 3, item 26)가 있어서 운전 중에 진동에 의해서 조사관을 물고 있는 clamp가 느슨해질 우려가 전혀 없다. CT/IR clamp는 노심내 핵연료 작업시에도 아래와 같은 방법으로 침니로부터 제거되어야 한다.

6.1.1 CT/IR Clamp 설치 및 고정 방법

- 1) CT/IR clamp assembly에 달려 있는 $\phi 3.4$ mm 케이블을 스프링 밸런서 #2 (RMT90-2, 5-40 kg 사용범위)에 걸어서 base frame assembly 위에 얹고(이 때 남쪽과 북쪽에 있는 핀이 핀 구멍 속으로 들어감) 케이블은 수조상부 hand rail에 묶

어 둔다. 이 때 adjust shaft (그림 3, item 3)가 동쪽으로 가도록 그림 1과 같은 방향으로 설치해야 한다(그림 3 참조).

- 2) 스프링 밸런서 #2에 middle carriage torque tool (RMT24-3)을 걸고 이것을 사용하여 locker head(그림 3, item 16)를 12-14 kg의 힘으로 누르면서 시계방향으로 90도 돌려서 잠근다. Locker head는 모두 4개로서 남쪽, 남서쪽, 북쪽, 북동쪽에 위치하고 있다. Locker head의 육각머리에 있는 slot 방향이 IR1-IR2를 있는 선에 직각 방향이면 잠긴 상태이고 IR1-IR2를 있는 선에 평행한 방향이면 풀린 상태이므로 작업 후에는 잠긴 상태를 망원경으로 반드시 확인한다.
- 3) CT, IR1 또는 IR2에 설치하고자 하는 조사관을 설치한다. 이 때도 반드시 관의 무게에 적합한 스프링 밸런서를 사용하여야 한다.
- 4) 스프링 밸런서 #2에 middle carriage torque tool (RMT24-3)을 걸고 이것을 사용하여 adjust shaft (그림 3, item 3)를 시계방향으로 돌린다. Adjust screw를 돌릴 때는 반드시 8-10kg의 하중으로 아래쪽으로 누르면서 클러치를 끊은 후에 돌려야 하고 다 돌린 후에 누르고 있던 하중을 제거한다. 완전히 열린 상태에서 물릴 때까지의 회전수는 물리는 조사관 직경에 따라 다르며, 그 값은 외경 $\Phi 34$, $\Phi 48.6$, $\Phi 60.5$ 에 대하여 각각 약 13, 8.8, 5.5 바퀴이다.
- 5) 토오크 렌치를 사용하여 CT/IR clamp 토오크 값을 10 N-m로 킨다.

6.1.2 CT/IR Clamp 이완 및 제거 방법

- 1) 스프링 밸런서 #2에 middle carriage torque tool (RMT24-3)을 걸고 이것을 사용하여 adjust shaft (그림 3, item 3)를 반시계방향으로 돌려서 clamp가 완전히 벌어지도록 한다. Adjust screw를 돌릴 때는 반드시 8-10kg의 하중으로 아래쪽으로 누르면서 클러치를 끊은 후에 돌려야 하고 다 돌린 후에 누르고 있던 하중을 제거한다. Clamp가 조여진 상태에서 완전히 열릴 때까지의 회전수는 조사관 직경에 따라 다르며, 그 값은 외경 $\Phi 34$, $\Phi 48.6$, $\Phi 60.5$ 에 대하여 각각 약 13, 8.8, 5.5 바퀴이다.
- 2) CT, IR1 또는 IR2에 설치되어 있던 조사관을 제거한다. 이 때도 반드시 관의 무게에 적합한 스프링 밸런서를 사용하여야 한다.
- 3) 스프링 밸런서 #2에 middle carriage torque tool (RMT24-3)을 걸고 이것을 사용하여 locker head(그림 3, item 16)를 12-14 kg의 힘으로 누르면서 반시계방향으로 90도 돌려서 locker를 푼다. Locker head는 모두 4개로서 남쪽, 남서쪽, 북쪽, 북동쪽에 위치하고 있다. Locker head의 육각머리에 있는 slot 방향이 IR1-IR2를 있는 선에 직각 방향이면 잠긴 상태이고 IR1-IR2를 있는 선에 평행한 방향이면 풀린 상태이므로 작업 후에는 풀린 상태를 망원경으로 반드시 확인한다.
- 4) 수조상부 hand rail에 묶어 둔 CT/IR clamp assembly 케이블을 스프링 밸런서 #2 (RMT90-2, 5-40 kg 사용범위)에 걸고 CT/IR clamp assembly를 침니에서 꺼내어 지정된 곳(작업수조 또는 수로)에 보관한다.

6.2 OR Clamp

OR clamp는 OR4와 OR5에 설치되는 fission moly 안내관 또는 계장캡슐 안내관을 고정해주는 장치(그림 1의 item 3)로서 base frame assembly에 볼트 조립으로 일체를 이룬다. 안내관을 OR clamp 속으로 넣은 후 clamping bolt (그림 4, item 2)를 원격으로 조작하여 시계방향으로 돌리면 bellcrank(그림 4, item 4)가 약 30° 회전하여 안내관을 측면으로 고정함과 동시에 아래 쪽으로도 눌러지도록 하여 고정하도록 되어있다. Clamping bolt를 반시계방향으로 회전하면 인장 스프링에 의해 bellcrank가 열리게 되어 설치된 관을 제거할 수 있다. OR clamp에 설치되는 관의 최대허용 직경은 61.0 mm이며 관의 OR 관의 상부 OR clamp 위치에는 반드시 그림 5와 같은 bushing이 부착되어 있어야 한다.

6.2.1 OR Clamp 고정 방법

- 1) OR clamp를 관통하여 OR4 또는 OR5에 설치하고자 하는 조사시험용 안내관을 넣고 안내관의 아래 부분에서 반사체 용기 상부면에 닿도록 내려놓는다. 이 때도 반드시 관의 무게에 적합한 스프링 밸런서를 사용하여야 한다.
- 2) 스프링 밸런서 #2에 middle carriage torque tool (RMT24-3)을 걸고 이것을 사용하여 clamping bolt를 시계방향으로 돌려서 잠근다. Clamp screw는 완전히 잠그는데 약 12 바퀴를 돌려야 한다.
- 3) 토오크 렌치를 사용하여 clamp screw 토오크 값을 10 N-m로 쥘다.

6.2.2 OR Clamp 이완 방법

- 1) 스프링 밸런서 #2에 middle carriage torque tool (RMT24-3)을 걸고 이것을 사용하여 clamping bolt를 반시계방향으로 약 12 바퀴 돌려서 푼다.
- 2) 설치되어 있던 안내관을 제거한다. 이 때도 반드시 안내관의 무게에 적합한 스프링 밸런서를 사용하여야 한다.

6.3 Base Frame 및 OR Clamp Assembly 해체/설치

Base frame과 OR clamp는 한 몸체로 볼트 조립되어 침니상부 싸이폰닝 구멍을 이용하여 설치 고정되어 있으며 설치 이후에는 특별한 문제가 없는 한 영구히 침니에 남아 있게 된다. 그 해체와 설치 절차는 설치절차서 HAN-RS-OT-401-99-001에 기술되어 있다.

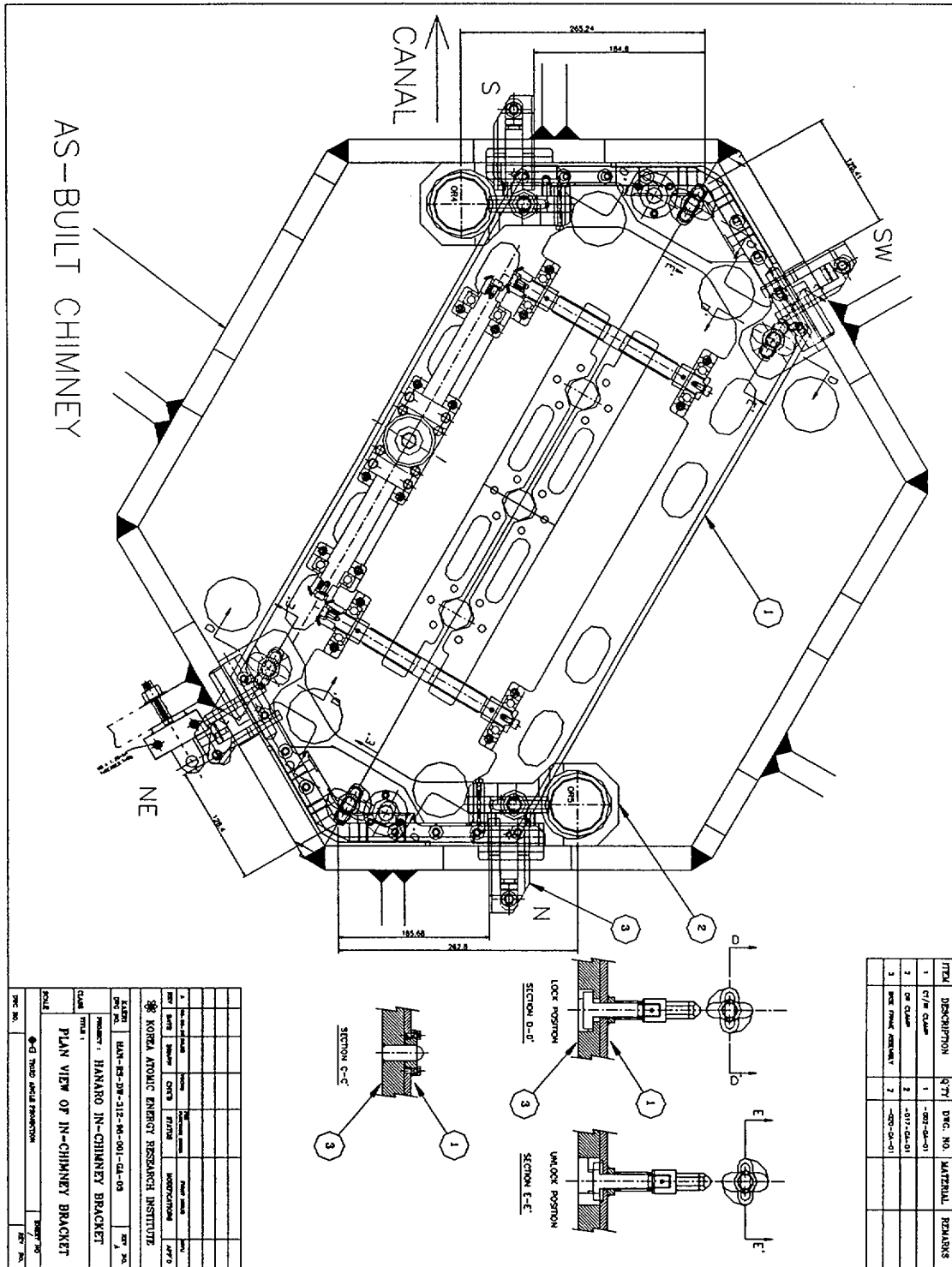


그림 1. 침니내부지지대 평면도

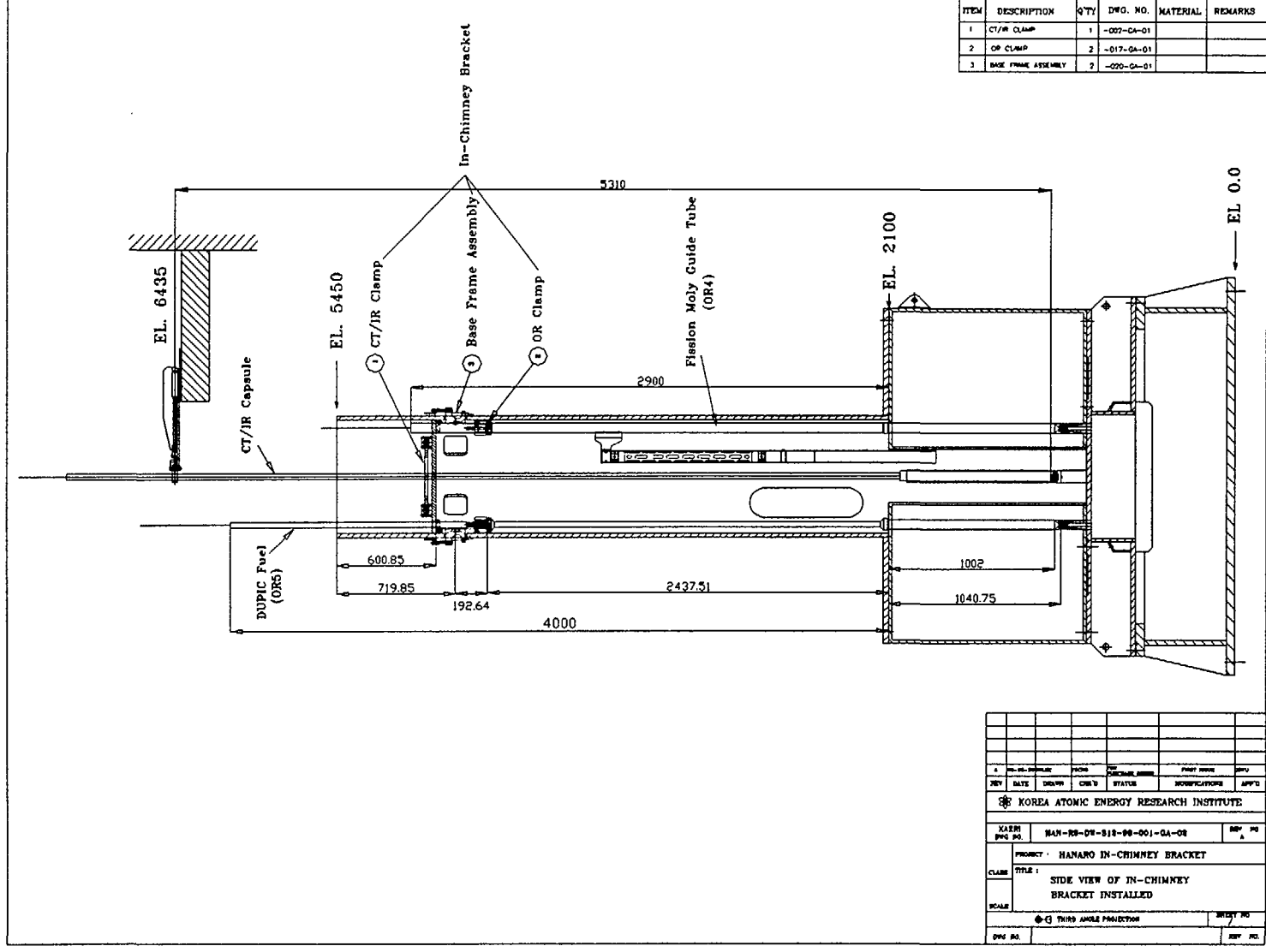


그림 2. 침니내부지지대 측면도

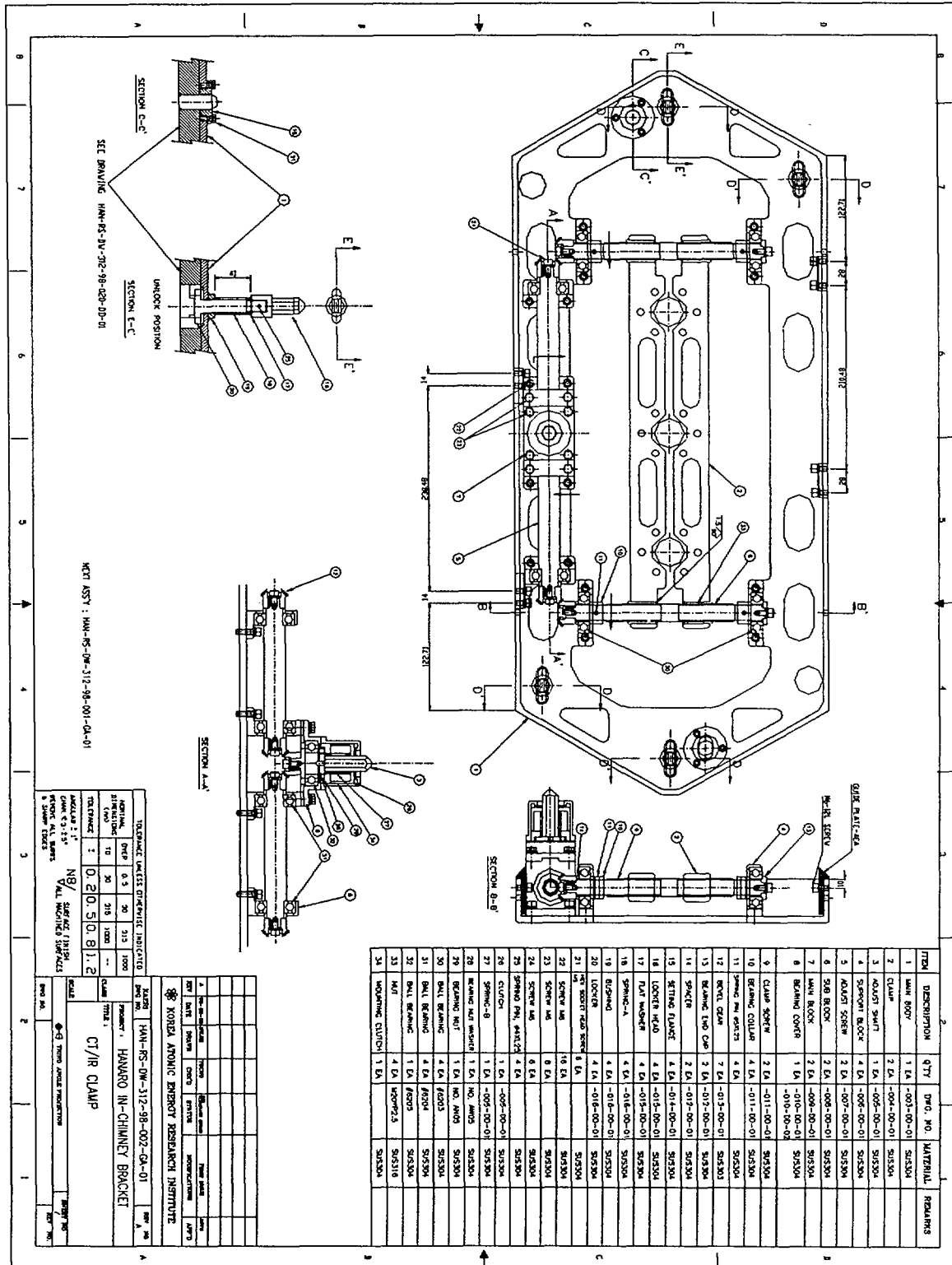


그림 3. CT/IR Clamp

NEXT ASS'Y: HAN-RS-DW-312-98-001-CA-01

| ITEM | DESCRIPTION | QTY | DWG. NO. | MATERIAL | REMARKS |
|------|------------------|-----|------------|----------------|-------------|
| 1 | MAIN BODY | 1 | -018-00-01 | SUS304 | |
| 2 | CLAMPING BOLT | 1 | -018-00-01 | SUS304 | |
| 3 | | | | | DELETED |
| 4 | BELL CRANK | 1 | -018-00-01 | SUS304 | |
| 5 | PIN NUT | 1 | -018-00-01 | SUS304 | |
| 6 | SPRING PIN | 1 | | TYPE 304ST.S11 | M4 SCREW-M6 |
| 7 | SPRING-EXTENSION | 1 | -018-00-01 | TYPE 304ST.S11 | |
| 8 | SPRING PIN | 1 | | TYPE 304ST.S11 | 44*17 LG |

| REV | DATE | DRW'N | CHK'D | BY/CHK | MODIFICATION | APP'D |
|-----|------|-------|-------|--------|--------------|-------|
| | | | | | | |

| | | |
|--|------|-----------------|
| TOLERANCE UNLESS OTHERWISE INDICATED | | |
| NOMINAL DIMENSIONS (mm) | OVER | 0.5 30 315 1000 |
| | TO | 30 315 1000 -- |
| TOLERANCE | | 0.2 0.5 0.8 1.2 |
| ANGULAR ± 1° CHAM R 3.25° REMOVE ALL BURRS & SHARP EDGES | | |
| N8/ √ SURFACE FINISH ALL MACHINED SURFACES | | |

| | | |
|--|----------------------------|------------|
| KOREA ATOMIC ENERGY RESEARCH INSTITUTE | | |
| KAERI DWG. NO. | HAN-RS-DW-312-98-017-CA-01 | REV. NO. A |
| PROJECT : HANARO IN-CHIMNEY BRACKET | | |
| CLAIM | OR CLAMP | |
| SCALE | ① THIRD ANGLE PROJECTION | |
| DWG. NO. | | REV. NO. |

그림 4. OR Clamp

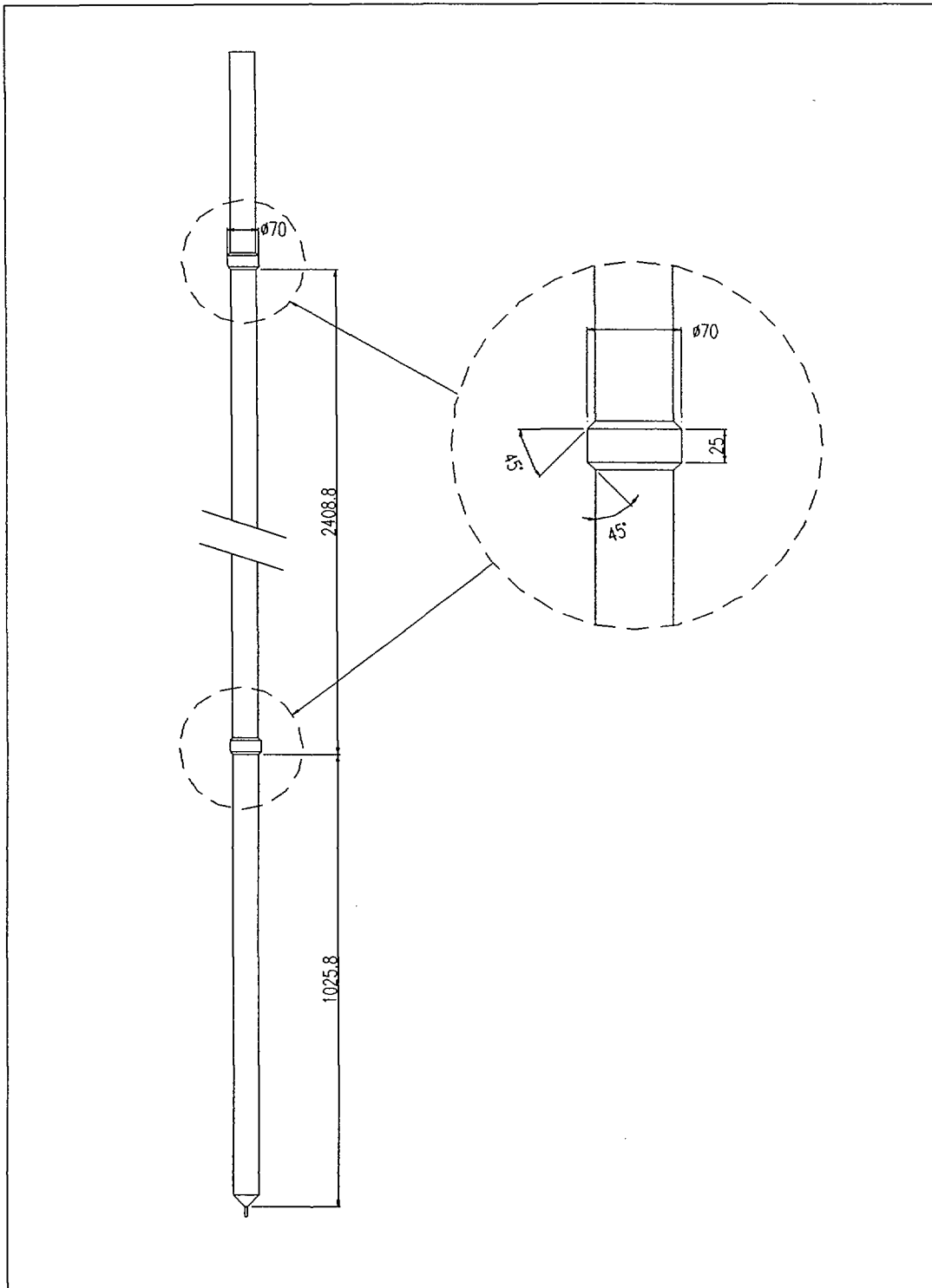


그림 5. OR Tube Bushing

부록 III: 침니내부지지대 최종 인허가 문서

과 학 기 술 부

우427-760 경기도 과천시 중앙동 1 / 전화 (02)503-7650 / 전송(02) 503-3364
원자력안전과 과장 감 상 식 서기관 권 만 성 담당자 이 한 국

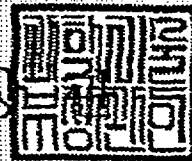
문서번호 원안 71231-357
시령일자 2000.04.17
수 신 한국원자력연구소장
참 조
공개여부 공개

| | | | | | |
|--------|-----|-----------|--------|--------|--|
| 선 | | | | 지 | |
| 람 | | | | 시 | |
| 접 수 | 일자 | 2000.4.25 | 결 재 | 공 람 | |
| | 시간 | 10:15 | | | |
| | 번호 | 1145 | | | |
| | 처리과 | | | | |
| | 담당자 | | | | |
| | 심사자 | | | 심사일자 | |

제 목 「하나로」 경미한사항 변경신고 검토 회신

1. 관련 : 하운기 721-2505(99.10.13)
2. 귀소가 제출한 「하나로」 안전성 보고서 개정을 위한 *하나로 침니내부 지지대(In-Chimney Bracket) 설치*에 대한 경미한 사항 변경 신고서는 적합함을 통보합니다. 끝.

과 학 기 술 부 장



부 록 IV : 안전성분석보고서(SAR) 변경

부록 IV-1. SAR 내용 변경 전·후 비교

예비 설치를 통하여 간섭사항을 최종적으로 설계변경을 통하여 제거한 후, 최종 인허가를 획득하였으며 안전성 분석보고서(SAR)에서 경미한 사항 변경에 관련된 내용은 표 IV-1과 같다. 또한 원자로 구조물에 침니내부지지대를 추가로 인한 SAR 변경후 내용은 다음 절인 부록 IV-2에서 밑줄로 보여 주고 있다.

표 IV-1. SAR 내용 변경 전·후 비교표

| 인허가 서류명: SAR | 개정전 | 개정후 |
|--|---------------------------------|---|
| 가) 표 3.2-1, page 3-63 | — | 침니내부지지대 등급분류 추가 |
| 나) 5.1.6 침니 다) 그림 5.1-1 라) 제 11장 목차 마) 11.2.1.8 침니내부지지대 | 기존 침니 및 원자로 실험시설에 대한 내용기술 | 기존 침니 및 원자로 실험시설에 대한 내용과 침니내부지지대에 대한 추가내용 기술 |

표 3.2-1 하나로 구조물, 계통 및 기기의 등급분류(계속)

SHEET 4 OF 14

(3-63쪽)

부록 IV-2. 변경후 SAR 내용

| 계통분류 번호 | 계통 및 주요 기기 | 안전등급 | 내진등급 | 품질등급 | 적용규격 및 기준 (1) | 등급분류코드 (2) |
|------------|---|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------|--|---------------------------------|
| 351 | 핵연료 취급 기구 | NA | NON | T | Manufacturing STD | T3T |
| 352 | 작업대 | NA | NON | S | Manufacturing STD | T3S |
| 354 | 핵연료 자정력 | NA | I | Q | ASME SEC III NF. | C1Q |
| 357 | 맨브릿지 | NA | II | T | Manufacturing STD /CMAA | T2T |
| 401 | 침니내부지지대 | NNS | II | T | Manufacturing STD | T2T |
| 404 | 실험설비 냉각계통 ○ 배관계통 ○ 기타계통 | NNS NNS | NON NON | S S | ANSI B 31.1 Manufacturing STD | D3S T3S |
| 405 | 헬륨가스 공급계통 | | | | | |
| 411 | 수송조사 장치 ○ 펌프 ○ 수송관 ○ 시료 삽입부 ○ 조사관 ○ 배관계통 | NNS NNS NNS NNS NNS | NON II NON II NON | S T T T T | HI ANSI B 31.1 Manufacturing STD Manufacturing STD ANSI B 31.1 | T3S D2T T3T T2T D3T |
| 413 | 조사캡슐 및 리그 | NNS | II | T | Manufacturing STD | T2T |
| 421 | 기송조사 장치 ○ 수송관 ○ 조사관 | NNS NNS | II II | T T | ANSI B 31.1 Manufacturing STD | D2T T2T |
| 441 | 반도체 생산장치 | NA | II | T | Manufacturing STD | T2T |

3-63

(5-3쪽)

5.1.6 침니

침니는 노심의 유동관 내·외부를 통과한 냉각수와, 우회유로를 따라 상승한 수조수를 혼합하여 냉각수 출구로 내보내어 노심에서 발생한 방사성물질을 냉각계통 내에 억제시키는 역할을 한다. 침니는 지지판(Base Plate)과 육각형 구조물로 구성되며, 모두 A1 6061-T6로 제작된다. 지지판은 중앙부분이 비어 있는 판형으로서, 외경이 2040 mm, 두께가 30 mm이다. 이 지지판은 반사체탱크와 볼트로 접합되어 있으며, 또한, 육각형 구조물과는 용접되어 있다. 육각형 구조물은 4변의 길이가 805.4mm이고, 2변의 길이가 754 mm이며, 두께는 25.4 mm, 높이는 3350 mm(지지판의 두께 포함)로서 지지판과 용접된 것 이외에도 4개의 지지날개에 의해 고정되어 있다. 침니의 내벽을 따라 원자로 제어 및 정지봉의 수직 상하운동을 안내하는 장치들이 부착되어 있다. 또한 조사시험용 안내관을 고정시킬 수 있는 보조 지지구조물인 침니내부지지대(In-Chimney Bracket)가 침니 상단아래 60 cm 안쪽에 싸이폰닝 구멍을 이용하여 설치되어 있으며 장탈착할 수 있다.(그림 5.1-1 참조)

5.1.7 원자로심

원자로심의 평면구조는 그림 5.1-4와 같이 내부노심, 외부노심과 반사체 지역으로 구분된다. 내부노심은 원자로 구조물인 반사체 탱크의 내벽으로 둘러싸여 경수의 강제순환에 의하여 냉각되는 지역이다. 23개의 육각형 유동관(R1 ~ R20, CT, IR1 과 IR2)과 8개의 원통형 유동관(C1 ~ C4, S1 ~ S4)이 일정하게 배열되어 있다. 유동관 내에는 핵연료집합체를 장전한다. 또한, 내부노심에는 원자로 제어 및 정지기능을 갖는 제어봉(C1 ~ C4)과 정지봉(S1 ~ S4)이 각각 설치되어 있다. 제어봉 및 정지봉은 강한 중성자흡수체인 4.5 mm 두께의 천연하프늄(Hafnium) 원통관이다. 내부노심에는 육각형 유동관 중 3개(CT, IR1과 IR2)가 높은 중성자속을 요구하는 실험을 위하여 확보되어 있다.

외부노심은 반사체 탱크의 내벽에 근접하여 설치되어 있는 8개의 원통형 유동관(OR1 ~ OR8)으로서, 경수의 강제순환에 의하여 냉각되지만 중수로 둘러싸여 있어 중수에 의해 중성자 감속이 이루어지는 지역이다. 이 중 4곳(OR1, OR2, OR7 및 OR8)에는 18봉 핵연료집합체가 장전되며, 나머지 4곳은 높은 열외(Epithermal) 중성자속을 필요로 하는 실험을 위하여 사용된다.

반사체지역은 내부노심을 둘러 싸고 있는 중수탱크 지역으로 고순도의 중수를 이용하여 넓은 지역에 걸쳐 높은 열중성자속을 얻을 수 있다. 25개의 수직형 실험조사공과 7개의 수평형 빔튜브가 실험목적에 부합되도록 적절히 배치되어 있다. 수직조사공의 용도는 다음과 같다.

- 1) 17개의 동위원소 생산공(IP1 ~ IP17),
- 2) 공기이송장치(PTS)를 이용하여 시편을 수송시키는 3개의 방사화학분석용 조사공

(5-115쪽)

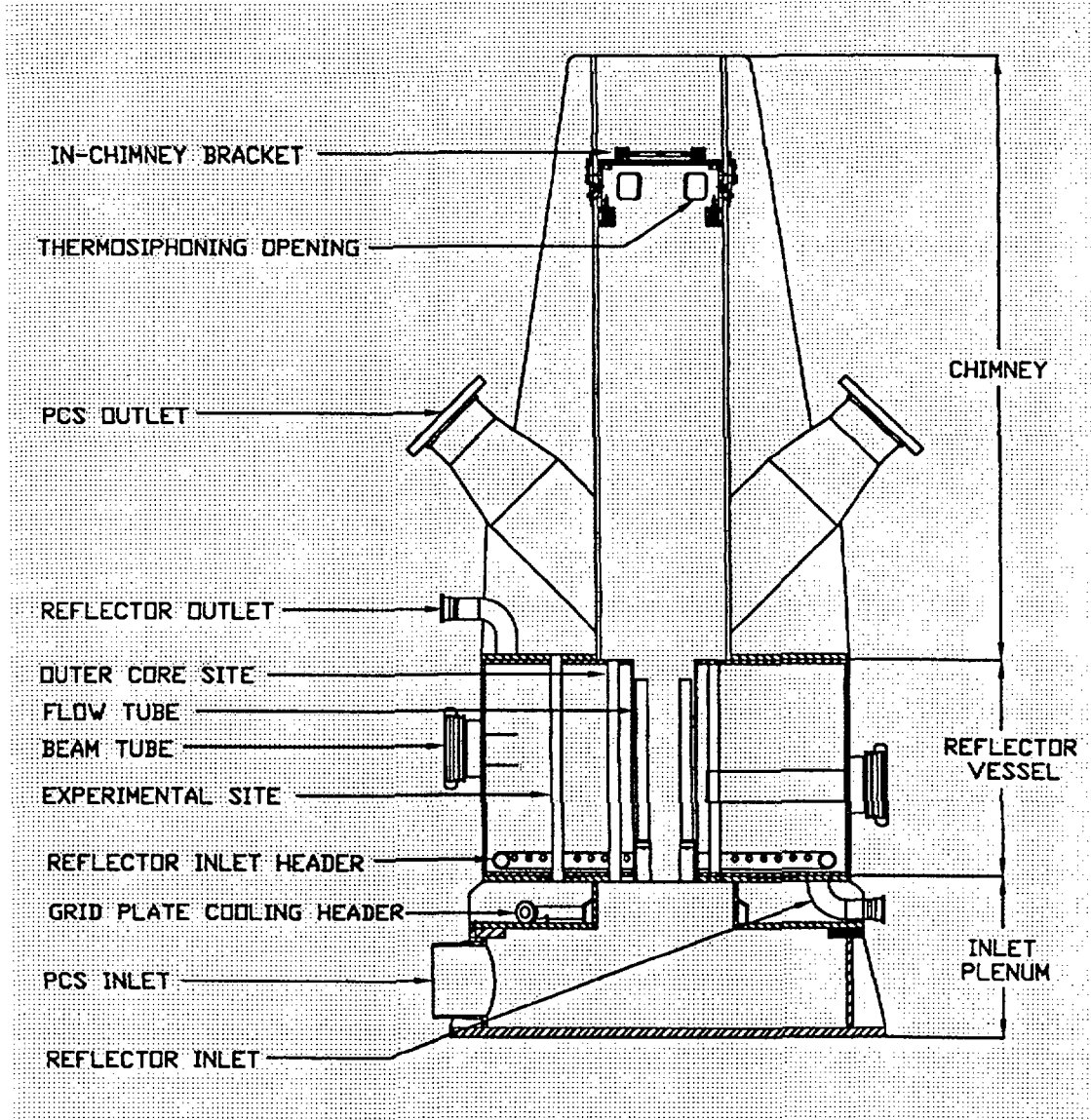


그림 5.1-1 하나로의 수직 단면도

제 11 장 실험시설

목 차

| | | |
|------------|---|------|
| 11.1 | 개요 | 11-1 |
| 11.1.1 | 원자로 실험시설 | 11-1 |
| 11.1.1.1 | 조사공 | 11-1 |
| 11.1.1.2 | 빔튜브 | 11-2 |
| 11.1.1.3 | 실험기기 및 설비 | 11-2 |
| 11.1.2 | 동위원소생산시설 (동위원소생산건물) | 11-2 |
| 11.1.2.1 | 동위원소 생산설비 | 11-3 |
| 11.1.2.2 | 방사화 분석설비 | 11-3 |
| 11.1.2.3 | 표지 화합물 생산설비 | 11-3 |
| 11.1.2.4 | 반도체 생산설비 | 11-3 |
| 11.1.2.5 | 보조 설비 | 11-3 |
| 11.1.3 | 조사재시험시설 | 11-3 |
| 11.2 | 원자로 실험시설 | 11-4 |
| 11.2.1 | 이용설비 | 11-4 |
| 11.2.1.1 | 수직 조사공 | 11-4 |
| 11.2.1.2 | 공기이송장치 (PTS : Pneumatic Transfer System) | 11-4 |
| 11.2.1.3 | 수력이송장치 (HTS : Hydraulic Transfer System) | 11-5 |
| 11.2.1.4 | 저온 중성자 생산설비 (CNS : Cold Neutron Source) | 11-5 |
| 11.2.1.5 | 반도체 생산설비 (NTD : Neutron Transmutation Doping) | 11-5 |
| 11.2.1.6 | 핵연료 시험 및 재료시험설비 | 11-5 |
| 11.2.1.7 | 빔포트 (Beam Port) | 11-6 |
| 11.2.1.8 | 침니내부지지대 | 11-7 |
| 11.2.2 | 안전성 평가 | 11-7 |
| 11.2.2.1 | 원자로심의 반응도 한계 | 11-7 |
| 11.2.2.2 | 조사공들에서의 중성자속 | 11-7 |
| 11.2.2.3 | 조사장치의 건전성 | 11-8 |
| 11.2.2.3.1 | 공기이송장치 (PTS) | 11-8 |
| 11.2.2.3.2 | 수력이송장치(HTS) | 11-8 |

(11-7쪽)

차폐물들이 설치되어 있다.

그림 11.2-4~11.2-8은 각 빔포트들의 구조를 보여주고 있다. 각 빔튜브들의 전면의 크기는 다음과 같다.

- ST1 : 80mm x 140mm
- ST2 : 80mm x 140mm
- ST3 : 80mm x 140mm
- ST4 : 80mm x 140mm
- NR : 내경 150mm
- IR : 내경 120mm
- CN : 70mm x 150mm

11.2.1.8 침니내부지지대

침니내부지지대는 조사시험을 위한 보조 시험구조물로서 침니 상단아래 60 cm 안쪽의 사이폰닝 구멍에 설치되어 있으며 장탈착이 가능하다. 침니내부지지대는 조사공 CT/IR을 이용하는 계장시험의 경우는 안내관의 중간부분을 수평방향으로 고정하며, 조사공 OR을 이용하는 계장시험의 경우는 안내관의 상부를 고정하여 유체유발진동과 지진하중에 대한 동적거동을 감소시킬 수 있는 조사시험용 안내관에 대한 지지구조물이다.

11.2.2 안전성 평가

11.2.2.1 원자로심의 반응도 한계

모든 실험물의 반응도가와 반응도 변화율은 다음과 같이 제한된다(17.3/4.2.1항 참조).

- 1) 노심내에 삽입되어 있는 모든 실험물의 총 반응도가는 25mk를 넘지 말아야 한다.
- 2) 핵연료와 같이 실험공내에 고정되는 단일 실험물의 반응도가는 12.5mk로 제한된다.
- 3) 노심내 실험중 비정상적으로 실험공으로부터 인출될 수 있는 단일 실험물의 최대 허용 반응도가는 1.5mk 이다.
- 4) 실험물이 노심내에 삽입되거나 인출될 때 허용할 수 있는 최대 반응도 변화율은 0.125mk/sec 이다.

11.2.2.2 조사공들에서의 중성자속

하나로 평형노심에서 각 실험공에서의 중성자속은 표 11.2-1 및 11.2-2에 나타나 있다.

부 록 V : 침니내부지지대의 설계 및
인허가 현황

진행된 침니내부지지대의 설계, 제작, 인허가 및 설치 현황은 다음과 같다.

- 1) 설계 : 1998. 8.-1999. 5.
 - 기본 및 상세 설계도면 57매 작성
 - 침니 측정장치, 모조침니 및 설치공구 개발
- 2) 내진해석 및 구조건전성 평가 : 1998. 10.-1999. 9.
- 3) 제작 :
 - 침니내부지지대 제작 기술시방서[4]
 - 제작 : 대우정밀, 1999. 6.-1999. 9.(4개월)
- 4) 인허가 신청 : 하운기 721-2505 (99. 10.13)
 - 침니내부지지대에 대한 경미한 사항 변경신고서
- 5) KINS 질의 : KINS 월성 3023-5177 (99. 12. 6)
 - 경미한 사항 보완자료 제출 요구
 - 설치 절차서 및 운영절차서 작성
- 6) 예비 설치 :
 - 설치 절차서에 따라 설치중에 RTD 센서와 간섭사항 발생
 - 북동 Base Frame 고정장치 설계변경[5] 및 제작 완료
- 7) KINS 질의에 대한 답변 : 하운기 721-440 (2000. 2. 23)
 - 설치절차서 (Rev. 1)[6] 및 운영절차서 (Rev. 0)[7] 작성: 보완자료 제출
- 8) 설치 절차서(Rev.1)에 따라 최종 설치 확인 : 2000. 3. 13.
- 9) 최종 인허가 완료 : 과학기술부 원안 71231-357 (2000. 4. 17)(부록 1)
 - 경미한 사항 변경 신고서는 적절함을 통보 받음 : 2000. 4. 26.
- 10) 하나로 안전심의위원회 : 2000. 5. 6.
 - 침니내부지지대 설치 계획서 제출
 - 안전심의위원회 통과
- 11) 최종 설치 : 2000. 5. 16. Base Frame 설치
2000. 5. 30. CT/IR Clamp 설치 (계장캡슐 조사시험)

| 서 지 정 보 양 식 | | | | | |
|--|---|---------|----------------|-------|----------|
| 수행기관보고서번호 | 위탁기관보고서번호 | 표준보고서번호 | INIS 주제코드 | | |
| KAERI/TR-1577/2000 | | | | | |
| 제목/부제 | 하나로 침니내부지지대의 설계 지침서 | | | | |
| 연구책임자 및 부서명 (TR, AR인 경우 주저자) | 류 정 수 / 하나로운영팀 | | | | |
| 연구자 및 부서명 | 조영갑, 황승렬, 우종섭, 전병진 / 하나로운영팀 | | | | |
| 출판지 | 대전 | 발행기관 | 한국원자력연구소 | 발행년 | 2000. 6. |
| 페이지 | 63 p. | 도표 | 있음(V), 없음() | 크기 | 29 Cm. |
| 참고사항 | | | | | |
| 비밀여부 | 공개(V), 대외비(), — 급비밀 | | 보고서종류 | 기술보고서 | |
| 연구위탁기관 | | | 계약번호 | | |
| 초록 (15-20줄내외) | | | | | |
| <p>침니내부지지대는 하나로 노심에서 조사시험을 위한 조사 설비의 보조 지지구조물이다. 이 장치는 조사공 CT/IR을 이용하는 계장 조사시험설비의 경우는 원자로 조사공 스파이더(spider)와 원자로수조 벽에 설치된 로보트팔 사이의 안내관 중간부분을 수평방향으로 추가 고정하는 역할을 하며, 조사공 OR을 이용하는 시험설비의 경우는 안내관의 상부를 고정할 수 있는 지지대를 제공함으로써 유체유발진동과 지진하중에 대한 동적거동을 감소시켜 조사시험을 안전하게 수행하도록 한다. 이러한 목적을 위하여 원자로 침니 상단으로부터 60 cm 아래에 위치한 싸이폰닝 구멍에 설치된다.</p> <p>수중상태에서 침니내부지지대에 대한 ANSYS 구조해석 모델을 작성하고 이의 동특성을 분석한 뒤에 OBE와 SSE 설계기준 지진하중에 대한 구조물 지진응답해석을 수행하였다. 침니내부지지대 설치로 인하여 원자로구조물에 미치는 영향을 분석하기 위하여 지진응답해석 결과를 ASME 코드에 따라 평가한 결과, 발생응력들이 모두 허용응력 이내에 있었으며, 피로 제한값을 만족하여 구조적으로 건전함을 입증하였다.</p> <p>침니내부지지대는 실제 원자로 침니 치수를 고려하여 설계되고 제작되었다. 설계와 예비 설치 과정에서 침니 측정 장치, 모조 침니, 설치 관련 공구가 개발되었고 예비 설치 연습을 통하여 검증된 설치절차를 확정하였다.</p> | | | | | |
| 주제명키워드 (10단어내외) | 하나로, 침니내부지지대, 설계 지침서, 지진응답해석, 구조건전성, 설치 절차, 운영 절차 | | | | |

| BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET | | | | | | | |
|---|---|--|------------------|---------------------|----------|-------------------|--|
| Performing Org. Report No. | | Sponsoring Org. Report No. | | Standard Report No. | | INIS Subject Code | |
| KAERI/TR-1577/2000 | | | | | | | |
| Title/ Subtitle | | Design Manual for HANARO In-Chimney Bracket | | | | | |
| Project Manager and Department (or Main author) | | Jeong-Soo Ryu / HANARO Operation Team | | | | | |
| Researcher and Department | | Y.G. Cho, S.Y. Whang, J.S. Wu, B.J. Jun / HANARO Operation Team | | | | | |
| Publication Place | Taejon | Publisher | KAERI | Publication Date | 2000. 6. | | |
| Page | 63 p. | Fig. & Tab. | Yes(V), No () | Size | 29 Cm. | | |
| Note | | | | | | | |
| Classified | Open(V), Restricted(), ___ Class Document | | Report Type | Technical Report | | | |
| Sponsoring Org. | | | | Contract No. | | | |
| Abstract(15-20 Lines) | | | | | | | |
| <p>As a supplementary structure supporting the irradiation facilities, the in-chimney bracket holds guide tubes whose holding position in CT or IR is the middle part of the instrumented facility between the hole spider and the robot arm already provided in the reactor pool liner. Also, the bracket grips the upper part of the guide tubes when it is applied to hold the instrumented facility loaded in OR sites. The irradiation test will be successfully conducted since this bracket reduces the flow-induced vibration (FIV) and the dynamic response to seismic load. The installation position of the bracket is 60 cm below the top of the chimney, i.e., thermosiphoning hole position.</p> <p>To evaluate the structural integrity on the in-chimney bracket and the related reactor structures, ANSYS finite element analysis model is developed and the dynamic characteristics are analyzed. The seismic response analyses were performed for the in-chimney bracket and the related reactor structures of HANARO under the design earthquake response spectrum loads of OBE and SSE. The analysis results show that the stress values in main points of reactor structures and in-chimney bracket for the seismic loads are also within the ASME Code limits. It is also confirmed that the fatigue usage factor is much less than 1.0. Therefore any damage on structural integrity is not expected when the in-chimney bracket is installed at the upper part of the reactor chimney.</p> <p>This bracket had been designed and manufactured based on the dimensions of the as-built chimney. In the process of design and preliminary installation, chimney measurement tools, dummy chimney, and installation tools were developed and the installation procedure was prepared and verified through the installation rehearsal.</p> | | | | | | | |
| Subject Keywords (About 10 words) | | HANARO, In-Chimney Bracket, Design Manual, Seismic Response Analysis, Structural Integrity, Installation and Operation Procedure | | | | | |