

KAERI/TR - 1842/2001

신형핵연료 소결체 무게장캡슐의  
내구성시험 절차서

KAERI  
2001. 6.

한국원자력연구소

# 제 출 문

한국원자력연구소장 귀하

본 보고서를 하나로운영과 관련하여 “신형핵연료 소결체 무게장캡슐 내 구성 시험절차서(Test Procedure)” 기술보고서로 제출합니다.

2001년 6 월

주 저 자 : 전 형 길 (열수력안전연구팀)

공동저자 : 류 정 수 (하나로운영팀)

김 대 호 (핵연료제조기술개발팀)

## Test Procedure

### 신형핵연료 소결체 무게장캡슐의 내구성 시험 절차서

작성 자 : 진형길      날 짜 : '01. 6. 7  
진형길(열수력안전연구팀)

검 토 자 : 류정수      날 짜 : 101. 6. 7.  
류정수(하나로운영팀)

검 토 자 : 김대호      날 짜 : '01. 6. 7.  
김대호(핵연료제조기술개발팀)

검 토 자 : 김봉구      날 짜 : 101. 6. 7  
김봉구(하나로이용연구개발팀)

검 토 자 : 임남진      날 짜 : '01. 6. 8  
임남진(품질보증실장)

승 인 자 : 천세영      날 짜 : '01. 6. 8  
천세영(열수력안전연구팀)

발 행 일 : 2001. 6.

한국원자력연구소

# 목 차

|         |                 |       |    |
|---------|-----------------|-------|----|
| 1. 서    | 론               | ----- | 1  |
| 2. 시험   | 목적              | ----- | 2  |
| 3. 업무   | 분장              | ----- | 3  |
| 4. QA   | 및 기록            | ----- | 4  |
| 5. 시험   | 설비              | ----- | 5  |
| 5. 1    | 시험루프            |       |    |
| 5. 2    | 시험부             |       |    |
| 5. 3    | 신형핵연료 소결체 무게장캡슐 |       |    |
| 5. 4    | 안내관 설계          |       |    |
| 5. 5    | 계측기             |       |    |
| 5. 6    | 자료취득 설비         |       |    |
| 6. 시험   | 절차              | ----- | 8  |
| 6. 1    | 압력강하 시험 및 진동시험  |       |    |
| 6. 1. 1 | 시험 방법 및 조건      |       |    |
| 6. 1. 2 | 시험 절차           |       |    |
| 6. 2    | 내구성 시험          |       |    |
| 6. 2. 1 | 시험 방법 및 조건      |       |    |
| 6. 2. 2 | 시험 절차           |       |    |
| 7. 제한   | 조건              | ----- | 10 |
| 8. 참고   | 문헌              | ----- | 11 |

## 표 목 차

|                                  |       |    |
|----------------------------------|-------|----|
| 표 1. 각 계측기의 기술시방                 | ----- | 12 |
| 표 2. 각 계측기의 보정식                  | ----- | 12 |
| 표 3. Laser Vibrometer의 기술시방      | ----- | 13 |
| 표 4. DT-2821 A/D Converter의 기술시방 | ----- | 13 |

## 그림 목차

|                                |       |    |
|--------------------------------|-------|----|
| 그림 1. Cold Test Loop I의 흐름 개략도 | ----- | 14 |
| 그림 2. Laser Vibrometer 설치도     | ----- | 15 |
| 그림 3. Guide Tube(Mock-Up) 부품도  | ----- | 16 |

## 1. 서 론

본 문서는 “핵연료 성능향상 기술개발” 과제에서 설계/제작한 신형핵연료 큰결정립  $UO_2$  소결체 노내 조사시험을 위한 무게장 캡슐에 대한 압력강하 실험, 진동 실험 및 내구성 실험의 실험절차 및 측정장비에 대하여 기술한다. 본 실험들은 원자력연구소 열수력안전연구팀의 상온·상압 실험장치인 Cold Test Loop I에서 수행된다. 그리고, 실험의 일반 요구조건들은 Technical Specification[1]을 따르며, 이에 따라 Test Procedure가 작성되었다.

현재 가동되고 있는 하나로에 조사시험용 무게장캡슐을 장전하기 위해서는 하나로 정상 운전조건과 동일한 온도, 유량조건에서 캡슐에 대한 압력강하 실험을 실시하여 무게장 캡슐의 설계요건을 검증하고 하나로 노심과의 수력학적 양립성을 입증하여야 한다. 또한, 진동실험 및 내구성 실험을 통하여 무게장 캡슐이 장시간 동안 장전되어 운전되었을 때, 마모(Wear)가 발생하는지 여부를 실험적으로 규명하여 하나로에서 조사시험을 안전하게 수행할 수 있음을 증명하여야 한다.

## 2. 시험 목적

본 실험절차서는 하나로에서 “신형핵연료 큰결정립  $UO_2$  소결체 조사시험을 위한 무게장 캡슐”에 대한 압력강하실험, 진동실험 및 내구성실험을 위한 실험장치, 실험방법 및 실험절차 등에 대하여 상세히 기술한다.

압력강하실험을 실시하여 캡슐의 수력학적 설계요건을 검증하고, 하나로 제한조건(압력강하 200 kPa 이상, 유량 12.7 kg/s 이하)에 대한 만족 여부를 확인하고 원자로 노심과의 수력학적 양립성을 입증한다.

유체유인진동실험을 실시하여 진동주파수, RMS(Root Mean Square) 진동변위 및 최대진동변위 등 무게장캡슐의 진동특성을 규명하고, 내구성 실험을 통하여 조사기간 동안 장전되어 운전되었을 때, 유체유인진동에 의하여 마모(Wear)가 발생하는지 여부를 실험적으로 규명하고, 마모흔적 발생시 최대 예상 조사기간까지 예측된 마모손상을 평가한다.

### 3. 업무 분장

하나로 조사공에 장전되는 무게장 캡슐에 대한 압력강하실험, 진동실험 및 내구성실험에 대한 일반적인 요건은 다음과 같다.

모든 실험은 한국원자력연구소 열수력안전연구팀에서 수행함을 기본으로 하며, 실험 Loop, 실험장치 및 각종 센서의 교정과 건전성을 유지하여 실험을 수행하는데 필요한 조치를 취한다. 아울러, 무게장 캡슐의 내구성시험 전과 후의 상태를 촬영하여 사진기록으로 남긴다.

열수력안전연구팀에서는 실험절차서를 작성하고 실험전에 하나로 운영팀의 검토를 받는다. 열수력안전연구팀, 무게장 캡슐의 설계/제작팀 및 하나로 운영팀 담당자들이 무게장 캡슐의 설계 및 제작상태를 면밀히 점검하고, 실험 전후 및 중간에 상세 실험절차, 필요시 설계변경 및 결과 평가에 대하여 검토한다.

열수력안전연구팀에서는 압력강하실험, 진동실험 및 내구성실험 수행 및 분석업무를 수행한다. 무게장 캡슐 설계/제작팀은 캡슐의 조립과 칫수검사, 내구성실험 전후의 마모검사 및 평가를 수행한다. 위 두 팀의 업무를 하나로 현장조건을 반영하여 하나로 운영팀에서 검토한다. 모든 실험 관련 기록을 유지 및 보관한다.



#### 4. QA 및 기록

본 실험절차서에 기술된 압력강하실험, 진동실험 및 내구성실험은 기술시방서[1]에 명시된 QA Program에 따라 수행된다.

본 실험 절차서에 의해 획득된 모든 측정 데이터들은 교정된 계측 장비를 사용하여 얻어진 것이어야 하며, 교정성적서 등 그 근거서류들이 확보되어야 한다.

열수력안전연구팀은 측정데이터의 획득 및 분석을 위한 지시서를 작성하고 이를 이행하여야 하며, 측정데이터를 기록하기 위한 방안을 마련한다. 측정데이터를 기록한 기록서에는 다음과 같은 사항이 포함되어야 하며 그 유효성을 입증하기 위하여 품질보증요원의 확인이 필요한 경우 협조를 요청한다.

- 측정 대상 품목 및 부위
- 본절차서에서 요구한 기술적 측정데이터
- 측정일자
- 측정자 또는 기록자 성명 및 서명
- 측정방법 및 사용된 측정기기의 일련번호 및 교정유효일자
- 측정결과 및 적합성여부
- 부적합사항의 발생시 그 조치결과
- 측정결과에의 평가 및 평가자의 서명

측정데이터의 분석이 완료되면 그 분석결과는 실험보고서에 기술되어야 한다. 측정데이터가 기록된 모든 문서는 열수력안전연구팀의 문서보존 절차에 따라 적어도 5년 동안 보존되어야 한다. 본 실험절차서는 실험 수행 전에 하나로 운영팀 담당자의 검토를 득한 후 품질보증 부서장 및 열수력안전연구팀 책임자의 승인을 득하여야 한다. 또한, 실험결과, 분석 및 평가에 대한 기술보고서는 열수력안전연구팀 담당자의 검토를 득 해야 하며, 필요시 하나로 운영팀 담당자의 검토를 득한 후 과제책임자의 승인을 받아 발간되어야 한다.

## 5. 시험 설비

### 5. 1 시험 루프

본 실험은 열수력안전연구팀의 상온·상압 실험장치인 Cold Test Loop I에서 수행된다. Cold Test Loop I은 Figure 1에 나타난 바와 같이 저장수조, 가변속도모터 펌프, 시험부, 모터 제어장치, 온도 제어장치 및 관련 배관 등으로 구성된다.

시험부에 공급되는 유량은 모터 제어장치에 의한 펌프 회전속도에 의해 제어되며, 이때 공급되는 유량은 Turbine 유량계에 의해 측정된다. 실험 중 폐쇄회로를 흐르는 순환수 온도를 일정하게 유지하기 위하여 PID Controller, Control Valve, SCR Unit, Heater 및 RTD(Resistance Temperature Detector)등으로 구성되는 온도 제어장치를 이용한다. 즉, PID Controller에 원하는 온도를 입력시키면 SCR Unit에 의해 Heater가 작동하여 원하는 온도까지 순환수를 가열시키게 되며, 온도 설정치가 RTD로부터 측정되어지는 PV(Position Value)치를 초과할 경우 Control Valve가 열리면서 상수도에 연결된 보충수 배관을 타고 차가운 물이 저장수조내의 열교환기로 유입되어 온도는 일정하게 유지된다. 저장수조내의 수위는 Over-flow Drain을 설치하여 일정하게 유지된다.

### 5. 2 시험부

실험용 유동관은 하나로 18봉 핵연료 집합체용 Zircaloy 재질의 실제 원형 유동관을 이용한다. Spider Cup에 하나로 18봉 핵연료 집합체용 Orifice가 삽입되고, Zircaloy 유동관은 90 N·m의 일정한 힘으로 Spider Cup에 체결된다. 유동관의 외부에는 Flow Housing이 장착되는데, 진동실험시 Laser Beam이 투과될 수 있도록 투명한 아크릴로 제작되었다. Figure 2에 Test Section을 보여준다. Flow Housing 및 Spider Cup에 대한 제작도면은 참고문헌[2]에 제시되어 있다.

### 5. 3 신형핵연료 소결체 무게장 캡슐

실험에 사용되는 신형핵연료 소결체의 노내 조사시험을 위한 무게장 캡슐은 참고문헌[3, 4]에 따라 제작된다.

### 5. 4 Guide Tube 설계

하나로 OR 조사공을 이용하여 조사시험시 무게장캡슐의 top guide spring과 접촉하는 조사공 내부를 보호하기 위하여 침니내부 지지대에 고정되는 안내관 사용 방법이 고안되었다. 이때 사용된 안내관은 외경 60.5 mm, 두께 1.65 mm의 SUS 파이프로 상하단에 bushing이 장착된다. 이 안내관은 유동관 내부에 삽입되고, 안내관 내부에 시험부를 삽입할 수 있도록 제작하여 시험을 수행한다. 그림 3은 안내관의 사진을 보여준다.

## 5. 5. 계측기

실험 중 Test Section으로 공급되는 유량은 OMEGA Turbine 유량계로 측정한다. Turbine의 회전수와 유량간에는 다음의 일정한 관계가 성립한다.

$$\dot{Q} = A + BH \quad (1)$$

여기서,  $\dot{Q}$  : Flow Rate(GPM)

$A, B$  : Constant(Given by OMEGA)

$H$  : Frequency(Hz)

식 (1)에서 유량을 구하는데 이용되는 H는 Turbine의 회전수에 비례하여 Turbine 유량계 전장부(Electronic Part)를 통하여 출력되는 전기적 신호를 측정함으로써 구해지며, 다음의 관계가 성립한다.

$$H = A_2 + B_2 V \quad (2)$$

여기서,  $A_2, B_2$  : Calibration Constant

$V$  : Voltage(Volt)

실험대로 유입되는 순환수의 온도는 RTD로 측정하며 이는 또한 온도제어용 PID Controller에 입력변수로서 이용된다. Test Section 입구 압력 및 각 측정부위에서 발생하는 압력강하는 Rosemount사의 Smart Type 압력발신기와 차압발신기로 측정한다. 압력발신기와 차압발신기는 예비실험을 통하여 최적의 측정범위로 교정된다. Table 1에 각 계측기의 기술사양을 측정변수와 함께 나타내었고 Table 2에는 각 계측기의 교정식(Calibration Equation)을 제시하였다.

신형핵연료 소결체 무게장캡슐의 진동은 Laser Vibrometer(Polytecc Model : FV3001)를 이용하여 측정한다. Laser Interferometer로부터의 입사광은 진동물체로부터 반사되어 여러 Lens 조합을 거쳐 Signal Processor에 전달되어 진동물체의 진동속도와 진동변위에 해당되는 전기신호로 변환된다. 이 전기적 신호는 Computer Memory에 일단 저장되고 FFT(Fast Fourier Transform) 과정을 통하여 주파수 대 진폭의 함수를 얻고 이 결과로부터 진동주파수, RMS 값 및 Peak 값 등을 판별한다. Table 3에 Laser Vibrometer의 주요사양을 제시하였다.

## 5. 6 자료취득 설비

각 계측기에서 발생하는 전기적 신호는 Data Acquisition System(DAS)과 본 실험을 위해 작성된 구동 Program에 의해 수집되고 처리된다. DAS는 Personal Computer, DT-2821 A/D Converter 등으로 구성된다. A/D Converter의 기술사양은 Table 4에 제시하였다. 구동 Program은 Main Program과 Sub-Program 등으로 구성되며, Main Program은 실험자료의 처리에 필요한 신형핵연료 소결체 무게장캡슐의 제원과 계측기의 교정식 등을 저장한다. Sub-Program은 처리된 실험자료의 출력과 주어진 온도, 압력 조건에서 순환수의 물성치를 계산할 수 있는 Steam Table 등으로 구성된다.

## 6. 시험 절차

### 6. 1 압력강하 및 진동 시험

#### 6. 1. 1 시험 방법 및 조건

압력강하 실험은 설계유량(압력강하 200 kPa 유발유량)을 포함하여 시험루프의 최소유량에서 설계유량의 약 120% 범위에서 실시된다. 실험은 내구성 실험 전·후 각각 유량을 1.0 kg/s 변화시키면서 총 4회 실시하며, 신형핵연료 소결체 무게장캡슐에서 발생하는 전체 압력강하를 측정한다. 진동실험은 압력강하실험과 동일한 유량 범위에서 실시되며, Grapple Head 부분에 대하여 90° 간격을 두고 서로 다른 2개의 지점에서 수행된다. 압력강하실험 및 진동실험은 순환수 온도 40℃ 조건에서 실시된다.

#### 6. 1. 2 시험 절차

- (1) 원통형 유동관을 Receptacle에 장전(장전 Torque 90 N·m 확인).  
여기서 Grapple Head부분의 90°간격의 측정방향은 유동관 Spider방향을 기준으로 한다.
- (2) 실험용 신형핵연료 소결체 무게장캡슐을 유동관에 장전하고 초기위치 확인/기록
- (3) 안내관 및 외부 아크릴관(Flow Housing) 조립
- (4) 시험부에 순환수를 채우고 누수 검사
- (5) 각 계측기기 및 배관 배기
- (6) Pump를 가동하여 최소의 유량범위에 Setting(약 4 kg/s)
- (7) Heater를 가동하여 순환수 온도가 40±1℃가 될 때까지 가열
- (8) 내구성실험 전 압력강하실험 실시(2회)
- (9) 내구성실험 전 진동실험 실시(2회)
- (10) 내구성실험 후 압력강하실험 실시(2회)
- (11) 내구성실험 후 진동실험 실시(2회)
- (12) 실험관련 내용을 상세히 기록하고 유지 및 보관

## 6. 2 내구성 시험

### 6. 2. 1 시험 방법 및 조건

내구성시험의 경우 순환수 온도 40℃ 조건과 설계유량의 110% 유량에서 100일간 실시되며 매 24시간마다 진동변위 변화를 육안 관찰하고, 일정기간의 간격(내구성시험 시작후 10일, 40일, 70일 및 100일)으로 연속 시험 후 시험부를 해체하여 무게장 캡슐에 대한 중간 3회 및 최종1회 육안검사를 실시한다. 마모가 발견되면 필요시 세척하고 마모의 정도를 정밀 측정/기록한다.

### 6. 2. 2 시험 절차

- (1) 내구성시험 전에 무게장 캡슐 및 부품들에 대한 외형 치수검사와 육안검사 실시
- (2) 내구성시험 전에 무게장 캡슐 및 부품들의 사진을 찍어 기록 유지
- (3) 원통형 유동관을 Spider Cup에 장착(장전 Torque 90 N·m 확인)
- (4) 시험용 무게장 캡슐을 유동관에 장전하고 초기 위치 확인/기록
- (5) 안내관 및 외부 아크릴관(Flow Housing) 조립
- (6) Test Section에 순환수를 채우고 누수 검사
- (7) 각 계측기기 배기 및 작동검사
- (8) Pump를 가동하여 최소의 유량범위에 Setting(약 4 kg/s)
- (9) Heater를 가동하여 순환수 온도가 40±1℃가 될 때까지 가열
- (10) 내구성시험 유량에 Setting(설계유량의 약 110%)
- (11) 내구성시험 시작 및 시간 기록
- (12) 매 24시간마다 진동변위 변화 육안 관찰(필요 시 진동시험 실시)
- (13) 약 10일, 40일, 70일 연속 내구성 시험 후 중간검사를 실시한다. 시험부를 해체하여 신타연료소결체 무게장 캡슐에 대한 사진기록을 남기고 위(3) - (12)를 반복 수행함. (단 10일과 40일 수행후 검사시 마모의 진행이 거의 없다고 판단되면 70일 진행후 중간 검사를 생략할 수 있다.)
- (13) 규정시간 경과 후 압력강하 및 진동시험 실시
- (14) 내구성시험 종료 및 시험부 해체
- (15) 무게장 캡슐에 대한 최종 육안 마모손상 확인 및 치수검사/기록
- (16) 내구성시험 후 무게장 캡슐 및 부품들의 사진을 찍어 기록 유지
- (17) 마모손상 발견되면 최대 장전기간까지 예측된 마모손상을 평가
- (18) 시험관련 내용을 상세히 기록하고 유지/보관

## 7. 제한 조건

본 실험절차서에 명시된 모든 실험들이 종료된 후 무게장 캡슐은 다음의 제한조건을 만족하여야 한다.

압력강하 : 200 kPa 이상

유 량 : 12.7 kg/s 이하

진동변위 : 300  $\mu$ m 미만

또한 내구성실험 결과 특정한 마모가 발생되지 않아야 하나, 마모흔적이 발견되면 허용 마모기준으로는 마모로 인하여 제거된 깊이가 부품들의 가장 얇은 곳의 두께를 기준으로 최대 장전기간까지 두께의 3/4을 초과해서는 안된다. 또한 원래두께의 3/4 보다 작더라도 신형핵연료 소결체 무게장 캡슐의 유체 유인 진동을 확대시키거나 장탈착에 영향을 미쳐서는 안된다. 그리고 내구성 실험 후 유동관내의 특별한 마모는 발생되지 않아야 한다. 안내관에 마모 흔적이 발생되면 마모에 대한 평가가 수행되어야한다.

## 8. 참고 문헌

1. J. S. Ryu and H. J. Jun, Technical Specification - Endurance Test for Irradiation Test Assembly, KAERI/TR-1803/2001, 2001
2. S. K. Yang et al., Measurement of Subchannel Velocity and Pressure Drop for HANARO Fuel Assembly, KAERI/TR-735/96, 1996
3. 김대호, Technical Specification, 경수로용 신형소결체 조사시험을 위한 노외시험용 무게장 캡슐, APFCAP-TS-00-01, Rev. 0, 2000. 12. 15
4. 김대호, Purchasing Specification, 경수로용 신형소결체 조사시험을 위한 노외시험용 무게장 캡슐 부품, APFCAP-PS-00-01, Rev. 0, 2000. 12. 26



표 1. 각 계측기의 기술시방

| Instrument    | Measuring Parameter | Model/ Serial No.        | Span         | Accuracy        | Calibration Date |
|---------------|---------------------|--------------------------|--------------|-----------------|------------------|
| A/D Converter | Data Acquisition    | DT-2821/06214            |              | 0.07% of FSR    | '01. 5. 9        |
| Turbine Meter | Flow Rate           | OMEGA FTB-111/45485      | 40 - 650 GPM | 0.5% of read    |                  |
| RTD           | Temperature         | Konics Pt 100 Ω          | 0 - 300℃     | ± 1.0℃          | '01. 5. 9        |
| P/T           | Pressure            | Rosemount 3051CD/94162   | 0 - 300 psig | ± 0.1% of span  | '01. 5. 10       |
| D/P-1         | Pressure Drop       | Rosemount 1151DP/1697069 | 0 - 300 psig | ± 0.25% of span | '01. 5. 10       |

표 2. 각 계측기의 보정식

| Instrument    | Calibration Range | Calibration Equation                                    |
|---------------|-------------------|---|
| Turbine Meter | 40 - 650 GPM      | $Y(\text{GPM}) = -0.15428 + 1.2541 \cdot \text{Hertz}$  |
|               | 0 - 510 Hz        | $Y(\text{Hertz}) = 0.008899 + 101.29 \cdot \text{volt}$ |
| P/T           | 0 - 100 psi       | $Y(\text{psi}) = -24.865 + 24.892 \cdot \text{volt}$    |
| D/P-1         | 0 - 70 psi        | $Y(\text{psi}) = -17.627 + 17.457 \cdot \text{volt}$    |

표 3. Laser Vibrometer의 기술시방

| Classify                               | Parameter  | Values   |
|--|--|--|
| 1) Modular Controller                  | Laser output power<br>Standoff Distance<br>Dynamic Range<br>Analog Output  | < 1mW(Class 2)<br>4 cm to 30 m<br>140 dB<br>± 10V  |
| 2) High Linearity<br>Velocity Decoder  | Bandwidth<br>Max. Velocity<br>Ranges<br>Resolution<br>Acceleration<br>Linearity  | 150 kHz<br>Upto 10 m/s<br>1, 5, 25, 125, 1000 mm/s/V<br>0.5µs min.<br>1500 g<br>0.25%FSR |
| 3) 7-Range<br>Displacement<br>Decoder  | Measurement Range<br>Full Scale Output<br>Resolution<br>Linearity  | 2 to 5120 µm/V<br>0.032 to 82 µm<br>0.008 to 20 µm<br>0.1% FSR                           |
| 4) Single-point<br>Interferometer Head | Laser type<br>Laser Wavelength<br>Cavity Length<br>Laser Output/Classification<br>Range of standoff Distance<br>Remote focus lens standoff<br>Distance | He-Ne<br>633 nm<br>205 nm<br>2.3 mW/IIIa<br>30 cm to 30 m<br>→ 450 mm                    |

표 4. DT-2821 A/D Converter의 기술시방

| Parameters       | Tech. Spec.          |
|------------------|----------------------|
| Resolution       | 12 bits (0.024% FSR) |
| Throughput       | 250 kHz              |
| Input Channels   | 16 SE, 8DI           |
| Gain             | 1, 10, 100,          |
| Conversion Times | 2.5µs                |
| System Error     | ± 0.07% of FSR       |

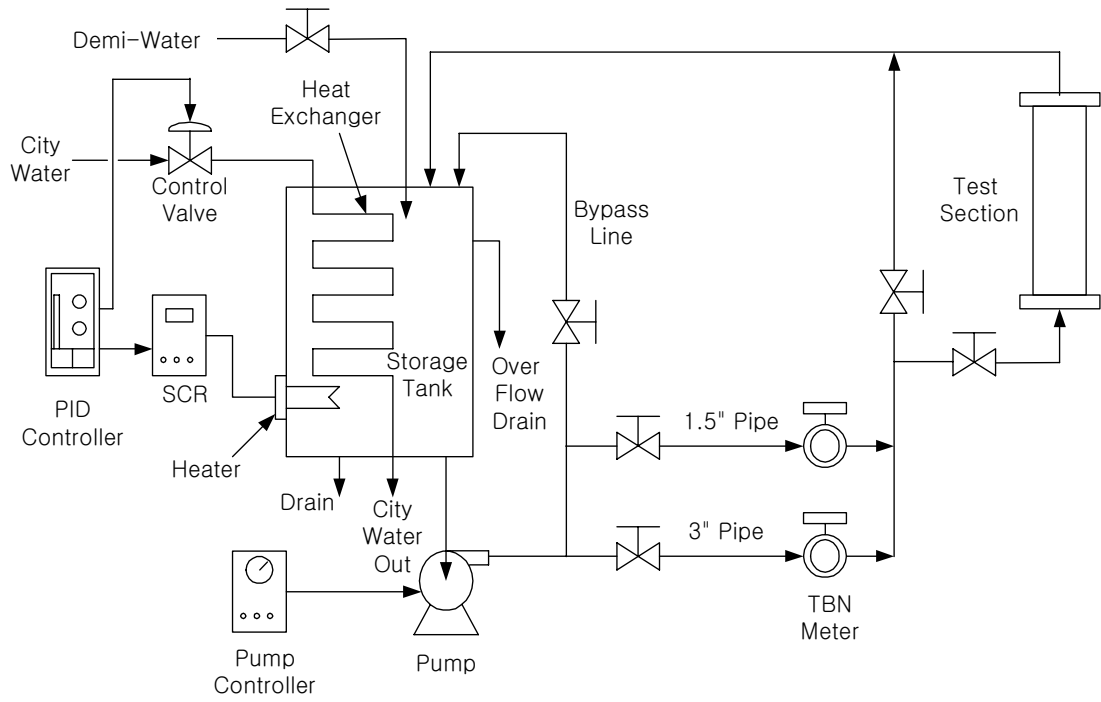


그림 1. Cold Test Loop I의 흐름 개략도

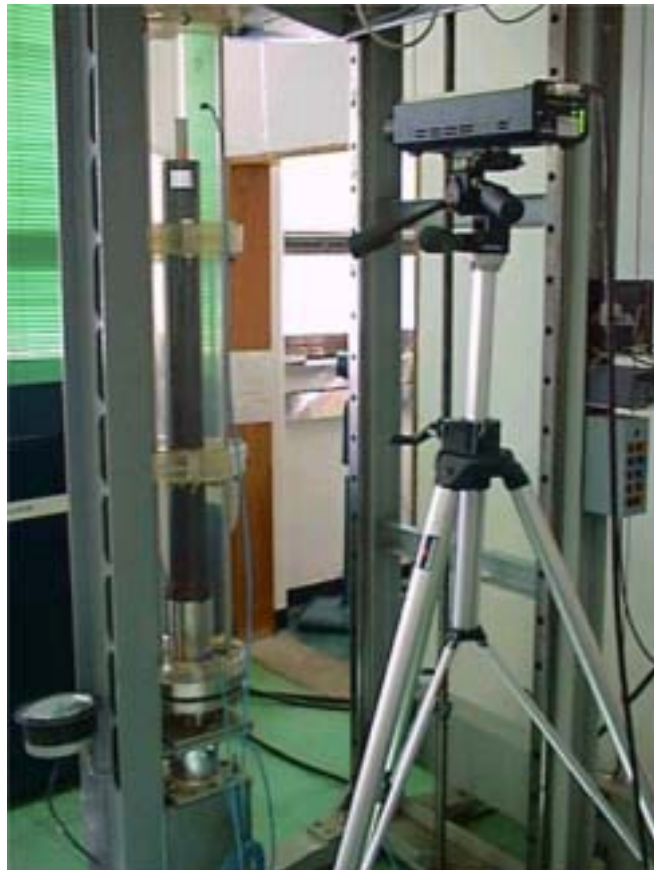


그림2. Laser Vibrometer 설치도



그림 3. Guide Tube(Mock-up) 부품도

서 지 정 보 양 식

|                        |  |   |  |                                  |  |                |  |              |  |         |  |
|------------------------|--|---|--|----------------------------------|--|----------------|--|--------------|--|---------|--|
| 서 지 정 보 양 식            |  |   |  |                                  |  |                |  |              |  |         |  |
| <b>수행기관보고서번호</b>       |  | 위탁기관보고서번호   |  | 표준보고서번호                          |  | INIS 주제코드      |  |              |  |         |  |
| KAERI/TR-1842/2001     |  |   |  | DUPIC-TP-TH-99001<br>REVISION 00 |  |                |  |              |  |         |  |
| <b>제목/부제</b>           |  | 신형핵연료 소결체 무게장캡슐의 내구성시험 절차서  |  |                                  |  |                |  |              |  |         |  |
| <b>연구책임자 및 부서명</b>     |  | 전형길(열수력안전연구팀)   |  |                                  |  |                |  |              |  |         |  |
| <b>연구자 및 부서명</b>       |  | 류정수(하나로운영팀), 김대호(핵연료제조기술개발팀)  |  |                                  |  |                |  |              |  |         |  |
| <b>출판지</b>             |  | 대전  |  | 발행기관                             |  | 한국원자력연구소       |  | 발행년          |  | 2001. 6 |  |
| <b>페이지</b>             |  | p.23  |  | 도표                               |  | 있음( o ), 없음( ) |  | 크기           |  | 26 Cm.  |  |
| <b>참고사항</b>            |  |   |  |                                  |  |                |  |              |  |         |  |
| <b>비밀여부</b>            |  | 공개(o), 대외비( ), __ 급비밀   |  |                                  |  | 보고서종류          |  | 기술보고서        |  |         |  |
| <b>연구위탁기관</b>          |  |   |  |                                  |  |                |  | <b>계약 번호</b> |  |         |  |
| <b>초록 (15-20줄내외)</b>   |  | <p>본 실험절차서는 신형핵연료 큰결정립 UO<sub>2</sub> 소결체 조사시험용 무게장 캡슐에 대한 압력강하 실험, 진동실험 및 내구성실험을 위한 실험장치, 실험방법 및 실험절차 등에 대하여 상세히 기술한다. 압력강하실험을 실시하여 캡슐의 수력학적 설계요건을 검증하고, 하나로 제한조건(압력강하 200 kPa 이상, 유량 12.7 kg/s 이하)에 대한 만족 여부를 확인하고 원자로 노심과의 수력학적 양립성을 입증한다. 유체유인진동실험을 실시하여 진동주파수, RMS(Root Mean Square) 진동변위 및 최대진동변위 등 무게장 캡슐의 진동특성을 규명하고, 내구성 실험을 통하여 조사기간 동안 장전되어 운전되었을 때, 유체유인진동에 의하여 마모(Wear)가 발생하는지 여부를 실험적으로 규명하고, 마모흔적 발생시 최대 예상 조사기간까지 예측된 마모손상을 평가한다.</p> |  |                                  |  |                |  |              |  |         |  |
| <b>주제명키워드 (10단어내외)</b> |  | 무계장 캡슐, 압력강하 실험, 진동실험, 내구성 실험, 마모   |  |                                  |  |                |  |              |  |         |  |

**BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET**

|                                      |  |                                   |                                    |
|--------------------------------------|--|-----------------------------------|------------------------------------|
| Performing Org.<br>Report No.        | Sponsoring Org.<br>Report No.  | Standard Report No.               | INIS Subject Code                  |
| KAERI/TR-1842/2001                   |  | APFCAP-TP-TH-01001<br>Revision 00 |                                    |
| T i t l e /<br>Subtitle              | Endurance Test for Non-instrumented Capsule of Advanced PWR Fuel Pellet<br>(Test Procedure)  |                                   |                                    |
| Project Manager<br>and Department    | Hyung Gil Jun (Thermal Hydraulic Safety Research Team)   |                                   |                                    |
| Researcher and<br>Department         | J. S. Ryu (HANARO Operation Team), D. H. Kim (Fuel Manufacturing<br>and Development Team)  |                                   |                                    |
| Publication<br>Place                 | Publisher  | KAERI                             | Publication<br>Date<br>2001. 6     |
| Page                                 | p.23   | Ill. & Tab.                       | Yes( o ), No ( )<br>Size<br>26 Cm. |
| Note                                 |  |                                   |                                    |
| Classified                           | Open(o), Restricted( ),<br>___ Class Document  | Report Type                       | Technical Report                   |
| Sponsoring Org.                      |  | Contract No.                      |                                    |
| Abstract (15-20 Lines)               | <p>This test procedure details the test loop, test method, and test procedure for pressure drop, vibration and endurance test of Non-instrumented Capsule of Advanced PWR Fuel Pellet. From the pressure drop test , the hydraulic design requirements of the capsule are verified. HANARO limit condition is checked and the compatibility with HANARO core is verified. From flow induced vibration test vibration frequency, vibration displacement are investigated. The wear of Non-instrumented Capsule of Advanced PWR Fuel Pellet is investigated through endurance test, and these data are used to evaluate the expected wear of during maximum resident time of Non-instrumented Capsule.</p> |                                   |                                    |
| Subject Keywords<br>(About 10 words) | Non-instrumented Capsule, Pressure Drop Test, Vibration Test, Endurance Test, Wear   |                                   |                                    |