

원자력 설계기준사고 환경 모사시험설비 제작사양서

2017.03.

한국기계연구원 원자력산업기기검증센터

기본정보

■ 설비명

- 설계기준사고 모사시험설비

■ 발주기관

- 한국기계연구원 원자력산업기기검증센터

■ 일반사항

- 입찰 희망자는 해당 설비의 요구성능 및 필수 사양을 만족시키는 조건 하에서 본 제작사양서에 명시된 사양을 수정할 수 있음
- 설비를 구성하는 상용품 (증기발생기, 제어밸브 및 계측기 등)에 대한 견적이 제시되어야 함
- 본 제작사양서에 대한 상세 설명은 현장설명회를 통해 제공될 예정이며, 입찰 희망자는 현장설명회에 반드시 참석하여야 함
- 입찰 희망자는 본 제작사양서에 대하여 E-mail을 통해서만 문의 할 수 있으며, 이에 대한 내용 및 답변은 모든 입찰 희망자에게 공개됨

※ 담당자: 김대환 (daehwan@kimm.re.kr, 051-310-8129)

목차

- 설비개요
- 구축계획
- 요구성능 (예시 시험 프로파일)
- 설비 개략도
- 주요 구성품의 요구사항
 - 시험챔버 / 증기공급장치 / 화학살수장치 / 압축공기장치
 - 제어밸브 / 계측기 / 제어시스템 / 배관 / 기타
- 첨부
 - 현 시스템 구성 및 사양
 - 현 시험챔버 세부사양
 - 수위 측정장치 개념도

설비개요

■ 구축목적

• 원전기기의 안전성 관련 검증 시험 수행

- 원자력발전소 내 설계기준사고 환경 모사
- 설계기준사고 환경 중 원전기기의 기능 확인
 - 모터, 밸브 구동기 등 능동기기의 기능시험 수행
 - 각종 계측기, 케이블 등의 전기 전자기기의 기능시험 수행
 - 기타 안전등급에 해당하는 원전기기의 기능시험 수행

■ 설계기준사고 환경

• 구분

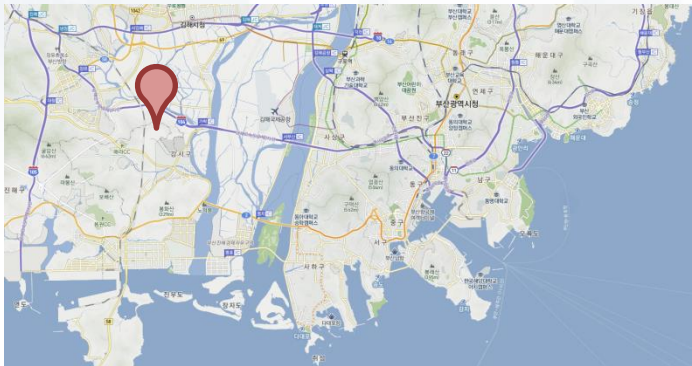
- 냉각재 상실사고 (Loss of Coolant Accident, LOCA)
- 주증기배관파단사고 (Main Steam Line Break, MSLB)
- 고에너지배관파단사고 (High Energy Line Break, HELB)

• 모사 대상 환경

- 증기 방출에 의해 상승하는 온도/압력
- 핵분열 억제를 위해 분사되는 H_3BO_3 (보론)수용액의 농도 및 유량

구축계획

- 구축완료시기 (시운전 포함)
 - 2019년 7월
- 구축 예산 / 예산 집행일정
 - 총액 29.8억
 - 착수금: 2017.04
 - 중도금: 2017.07 ~ 2019.01 (4회 분할)
 - 최종지급: 2019.07
- 구축위치
 - 원전기기안전성 평가센터(가칭)
 - 부산 강서구 미음R&D허브단지 내



원전기기안전성 평가센터
시험동 Layout



※ 본 Layout은
추후 수정될 수 있음

요구성능

■ 온도/압력/습도

• LOCA

- 초기 급변구간: 30초 내 190℃ 및 6bar 이상, 상대습도 100% 도달
- 고온 안정구간: 2,000초 동안 190℃ 및 6bar 이상, 상대습도 100% 유지
- 살수 냉각구간: 본 문서 내 '예시 시험 프로파일' 참조

• MLSB/HELB

- 초기 급변구간: 10초 내 220℃ 및 6bar 이상 도달 (습도조건 없음)
- 고온 안정구간: 7,000초 동안 220℃ 및 6bar 이상 유지
- 냉각구간: 본 문서 내 '예시 시험 프로파일' 참조

• 화학살수

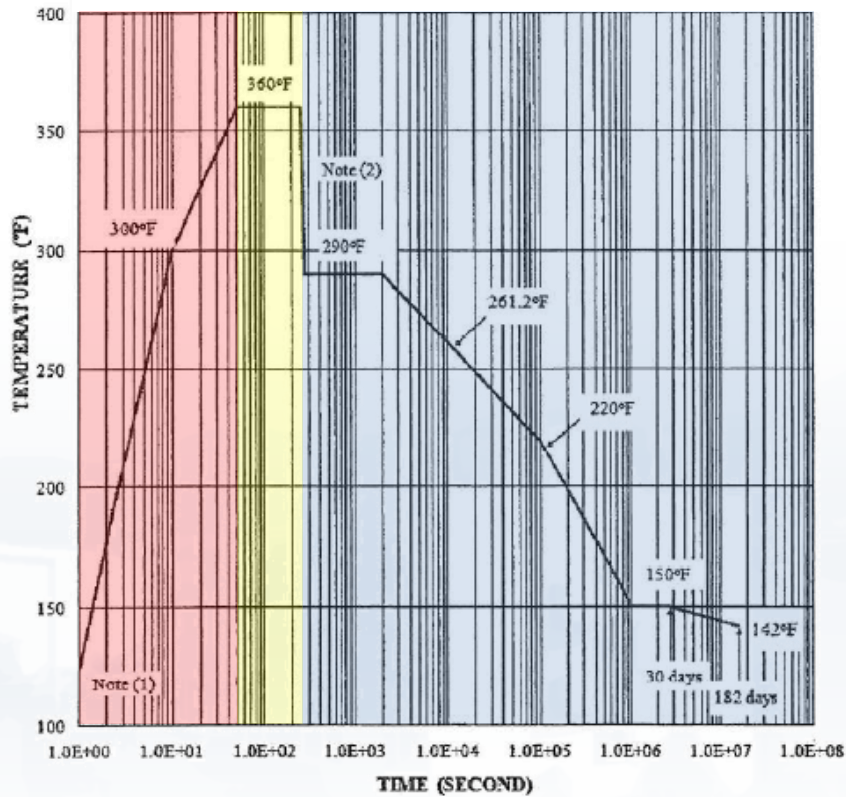
- 제곱 미터 당 25.3LPM(0.62 GPM/ft²) 이상의 살수 가능
- 화학살수용액의 온도 유지

• 제어오차 (추후 검토 필요)

- 온도: 초기 급변구간 +10℃ 이내, 고온 안정구간 & 살수 냉각구간 ±3℃ 이내
- 압력: +0.1bar 이내
- 화학살수유량: ±2% 이내

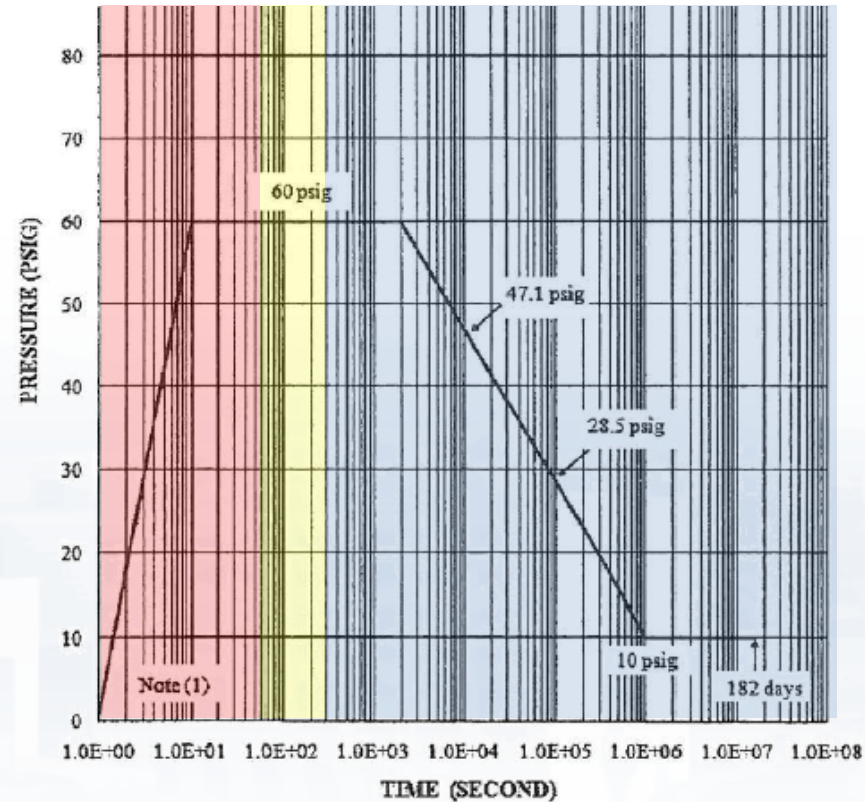
예시 시험 프로파일

• LOCA시험 온도 조건



- Note (1) The temperature is rapidly increasing within 10 sec. from 120°F (at 0 sec.) to 300 °F (at 10 sec.).
- (2) Rapid drop within 20 sec. at 250 sec

• LOCA시험 압력조건



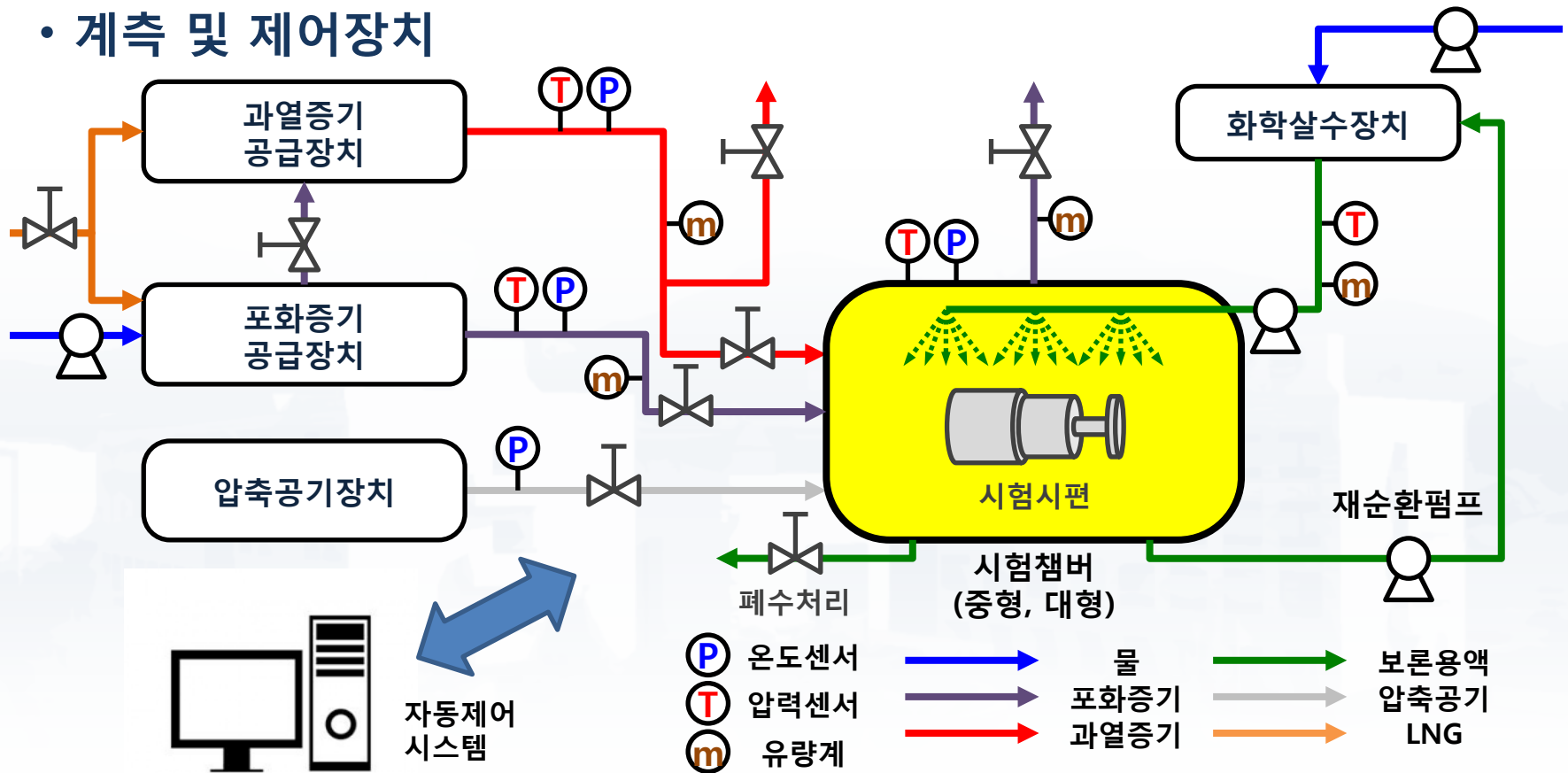
- Note (1) The pressure is rapidly increasing within 10 sec. from 0 psig (at 0 sec.) to 60 psig (at 10 sec.).

- 초기 급변구간
- 고온 안정구간
- 살수 냉각구간

설비 개략도

■ 주요구성 (첨부 1 참조)

- 시험챔버 / 증기공급장치 / 화학살수장치 / 압축공기장치
- 계측 및 제어장치



※ 본 그림은 편의상 1개의 시험챔버만을 표기하였으며, 실제 설비의 경우 2개의 시험챔버를 포함함

※ 본 설비의 구성은 입찰자의 제안에 따라 수정될 수 있음

주요 구성품의 요구사항 - 시험챔버 (1/4)

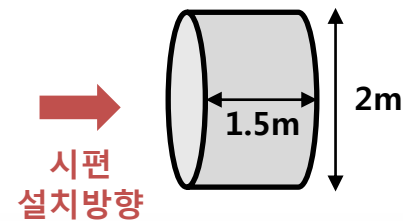
■ 2개의 시험챔버 구축

• 중형챔버

- 내경 2.0m, 길이 1.5m 이상, 축 방향 기준 수평설치

• 대형챔버

- 내경 2.0m, 길이 4.0m 이상, 축 방향 기준 수직설치



중형챔버 설치방향

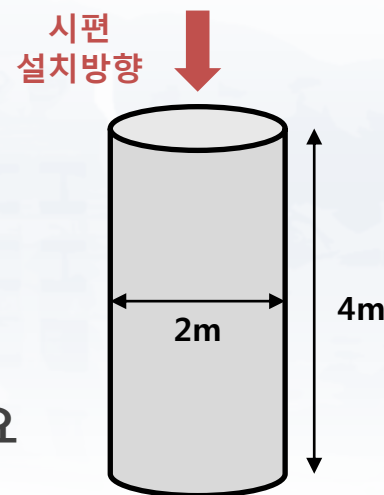
■ 시험챔버 개폐 방안

• 시험 설치 시 크레인의 사용이 가능한 입구 설계 필요

- 중형챔버의 경우 힌지를 이용한 개폐 가능 (첨부 2 참조)
- 대형챔버 입구의 구체적 설계방안 제시 필요
- 개폐 시 작업자의 편의 및 안전을 고려한 설계방안 필요

• 시험챔버의 누설 방지 방안 제시 필요

- 기밀 작업 시 작업자의 편의 및 안전을 고려한 설계방안 필요



대형챔버 설치방향

※시험챔버의 구조 및 크기는 입찰자의 제안 방안에 따라 수정 및 확장될 수 있음

주요 구성품의 요구사항 - 시험챔버 (2/4)

- 시험챔버 내부 환경의 측정 신뢰성 향상 방안
 - 시험챔버 내벽을 포함한 다양한 지점의 온도, 압력 데이터 취득장치 필요
 - 다양한 원전기기의 제어 및 계측을 위한 방안 필요
 - 다양한 시편에 따른 각종 제어장치, 계측기 설치 방안 필요
 - 교체가 가능한 플랜지 설치 권장 (첨부 2 참조)
 - 사이트 글라스 혹은 고온용 카메라를 사용한 챔버 내 관찰 방안 필요
 - 침수시험을 위한 수위 측정 장치 설치 (첨부 3 참조)
- 시험챔버 내 증기 방출부 설계 방안 및 가용공간 확보 방안
 - 증기 방출부
 - 시험챔버 내부 환경을 균일하게 변화시킬 수 있는 증기 방출 방안 필요
 - 방출부에서 분사중인 증기에 시편이 직접 노출되지 않는 방안 필요
 - 내부 가용공간
 - 증기 방출장치에 따른 내부 가용공간 손실의 최소화 필요 (첨부 2 참조)

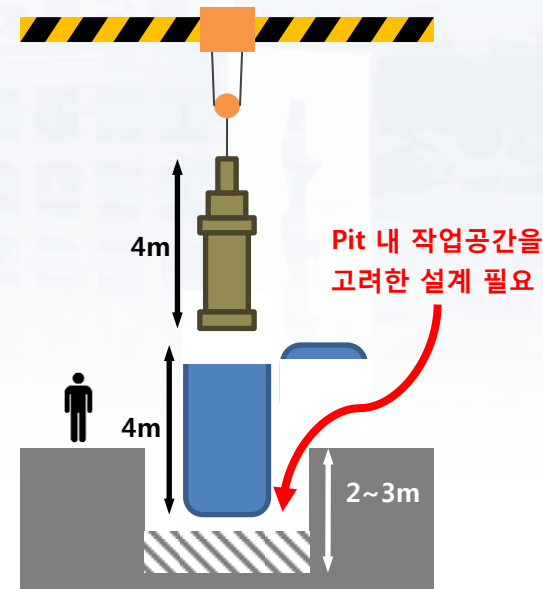
주요 구성품의 요구사항 - 시험챔버 (3/4)

■ 설치 시 유의사항

- 시편 설치 및 시험 준비 시 작업자의 안전 및 편의 시설 구비 필요
 - 시험챔버 내/외부 작업용 보조기구 (사다리 등) 부착 방안 필요
 - 작업자의 시험챔버 출입을 위한 맨홀의 설치방안 제시
- 대형 시편의 안정적 설치 방안 필요
 - 3,000kg 이상의 시편을 안정적으로 지지할 수 있는 방안 제시
- 원활한 유지보수 방안
 - 대형 시험챔버는 pit 내 설치 예정
 - Pit 내 작업공간의 효율을 높이기 위한 방안 필요

■ 효과적 단열 방안

- 시험챔버 단열방안 필요
 - 시험챔버 적합한 단열재 제시
 - 반복 작업 및 시험에 따른 단열재 손상 방지 방안 필요
 - 시험자의 건강에 무해한 재질의 단열재 필수



주요 구성품의 요구사항 - 시험챔버 (4/4)

■ 화학살수 분사범위 조절 방안

- 시험챔버 내 화학살수 분사 노즐의 효율적 설치방안 필요
 - 시편 설치, 제거 시 작업자의 편의, 안전에 영향을 미치지 않은 설치방안 필요
 - 시편 크기에 따라 원하는 면적에 화학살수를 집중시킬 수 있는 방안 필요

■ 기타 요구사항

- 살수냉각구간에서 시험챔버의 온도제어를 위한 하부 히터 설치
- 시험챔버 표면은 반드시 내부식처리 필요
- 화학용액 재순환시 배관 및 시편으로부터 떨어진 이물질 필터링 방안
- 시험챔버 내 세척을 위한 방안 제시
 - 시험챔버 내부의 물세척을 위한 고압 세척기 및 전용 배수구 필요
- 유지보수 시 작업자의 편의를 위한 방안 필요
 - 밸브류 및 센서류 등의 교체 시 2인 이상의 작업자가 안정적으로 작업할 수 있는 공간 및 크레인 활용 공간의 확보 필요
- 기타 안전장치
 - 복수의 아날로그 온도계/압력계 설치 필요
 - 협착 등 접촉적 위험을 방지할 수 있는 방안 필요
 - 추락 등의 물리적 위험을 방지할 수 있는 사다리 및 난간 필요

주요 구성품의 요구사항 - 증기공급계통

■ 증기공급용량 산출

- 초기 급변구간 모사 시 유입 및 방출되는 증기에 대한 고려 필요
 - 배관 등에서 발생하는 열손실 및 압력강하에 대한 고려 필요
 - 시험챔버 내 압력 상승에 따라 변화하는 증기유량에 대한 고려 필요
- 중형/대형챔버의 동시가동이 가능한 증기공급용량 필요
 - 10분 이내의 간격으로 각 챔버의 초기 급변구간 (LOCA 기준) 모사가 가능해야 함 (초기 급변구간의 동시 구현은 제외)

■ 안정적인 증기공급을 위한 계통의 구성 방안

- 20bar 이상의 증기를 8ton/h 이상의 유량으로 공급할 수 있는 계통 권장
- 본 시험에 최적화된 보일러 형식의 선정 필요
 - 다양한 형식의 보일러 및 과열기에 대한 검토결과 제안 필요
 - 필요 시 축열기 등의 설비를 제안할 수 있음

주요 구성품의 요구사항 - 화학살수계통

- 화학살수 유량의 안정적 공급 방안
 - Fluctuation을 고려한 화학살수 펌프의 선정 필요
 - 화학살수(보론 수용액)의 pH를 고려한 펌프의 선정 필요
 - 시험 중 펌프고장에 대응할 수 있는 By-pass 라인 및 예비펌프 설치 필요
- 펌프 고장 및 노즐 막힘 등을 방지하기 위한 용액의 여과방안
- 시험자의 편의 및 안전을 위한 방안
 - 시험 전/중/후 화학 용액 및 증기의 노출을 최소화 시킬 수 있는 방안
 - 시험 전/중 화학물질을 편리하고 안정적으로 Mixing Tank에 투입하는 방안
 - 화학용액 제조 시 2인 이상의 작업자가 안정적으로 작업할 수 있는 방안
 - 화학용액 농도 측정 및 관리 시 편의성을 높이기 위한 방안
- 사용 후 화학용액의 처리를 위한 보관장치 구축 방안
 - 화학용액의 처리를 위한 저장조 필요
 - 폐 화학용액의 배출을 위한 시설 필요

주요 구성품의 요구사항 - 압축공기계통

■ 안정적인 공급 방안 필요

- 정비 및 용량을 고려한 컴프레서 사양 선정(최소 2대 이상).
- 7bar 이상의 압축공기를 3000L/min 이상의 유량으로 공급
- Air Reservoir Tank 등을 활용한 안정적인 공급방안 필요
- 공기압력저하 최소화를 고려한 압축공기 라인구성 필요
- 수분제거장치 필요

■ 시험자의 편의 및 안전을 위한 공급 방안

- 발주자가 원하는 위치에 최소 8개소 이상의 공급포트 제공 필요
- 설비 내/외부의 세척을 위한 고압 세척기와 연동 방안 필요
- 기타 시험자의 편의 및 안전을 위한 방안 제시

주요 구성품의 요구사항 – 제어밸브

■ 제어밸브

- 설치되는 위치의 환경조건을 고려하여 사양 선정 (타입, 재질, 크기, 속도, Cv 등)

■ 고속 개폐 밸브

- 시험시작 시 시험챔버에 포화 및 과열증기를 공급하는 밸브 (시험챔버의 압력방출 밸브에 해당)
- 초기 급변구간을 고려하여 적합한 on/off 행정시간 산출필요

■ 정비 및 AS 용이성

- 요구사양을 만족하면서 국내에서 쉽게 보수 및 교체 가능한 제품
- 현장점검과 유지보수가 가능하도록 근처 안전 가이드 설치 필요
- 제어밸브의 정비를 고려하여 수동밸브 설치필요

주요 구성품의 요구사항 - 계측기

■ 온도/압력 측정

- 발주자가 원하는 5개소 이상의 지점에 온도, 압력계의 설치 필요
- 계측범위 및 정밀도
 - 온도
 - 과열증기용: 500 °C, ± 3 °C 이내
 - 포화증기용: 200 °C, ± 2 °C 이내
 - 일반용(화학살수계통, 압축공기계통, 시험챔버 내): 200°C, ± 1 °C 이내
 - 압력
 - 최대 20 bar, $\pm 1\%$ 이내 (설치위치에 따라 최대압력 사양 고려)

■ 증기유량 측정

- 발주자가 원하는 3개소 이상의 지점에 증기유량계의 설치 필요
- 계측범위: 설치위치의 압력 및 온도에 따라 사양결정
- 정밀도: $\pm 1\%$ 이내

주요 구성품의 요구사항 - 제어시스템

■ HMI

- 기기의 작동상태, 환경조건 모니터링, 제어 등을 위한 화면구성
- 사용자의 실험수행 및 장비 관리에 불편함이 없도록 논리 정연한 구성
- 유리,관리, 보수가 편리한 소프트웨어를 사용

■ 제어반

- 장기간 사용의 신뢰성이 높고 소음, 전자기파 등의 위해가 적은 기기
- 사용 중 비상상황 발생시 알람 및 안전정지 기능 필요
- 사용자에게 비상상황 및 주요 계측 값 등의 정보를 스마트기기를 통해 공유가능
- 관리 및 보수 등의 편의를 위해 기기의 연결 정보를 쉽게 알 수 있도록 다양한 방법 제시필요

■ 기타 장치

- 전원보조장치
- 현장의 주요 위험 설비 모니터링 및 보안용 CCTV

주요 구성품의 요구사항 - 배관 요구사항

■ 권장 배관 사양

- 10~20 kgf/cm²의 고압용 배관
- 필요시 내식성 재질 사용 필요

■ 단열 방안

- 단열재 및 두께 선정 근거 제시
- 반복 작업 및 시험에 따른 단열재 손상 방지 방안 필요
- 시험자의 건강에 무해한 재질의 단열재 필수
- 설치위치와 계절별 환경조건을 고려한 단열방안 필요

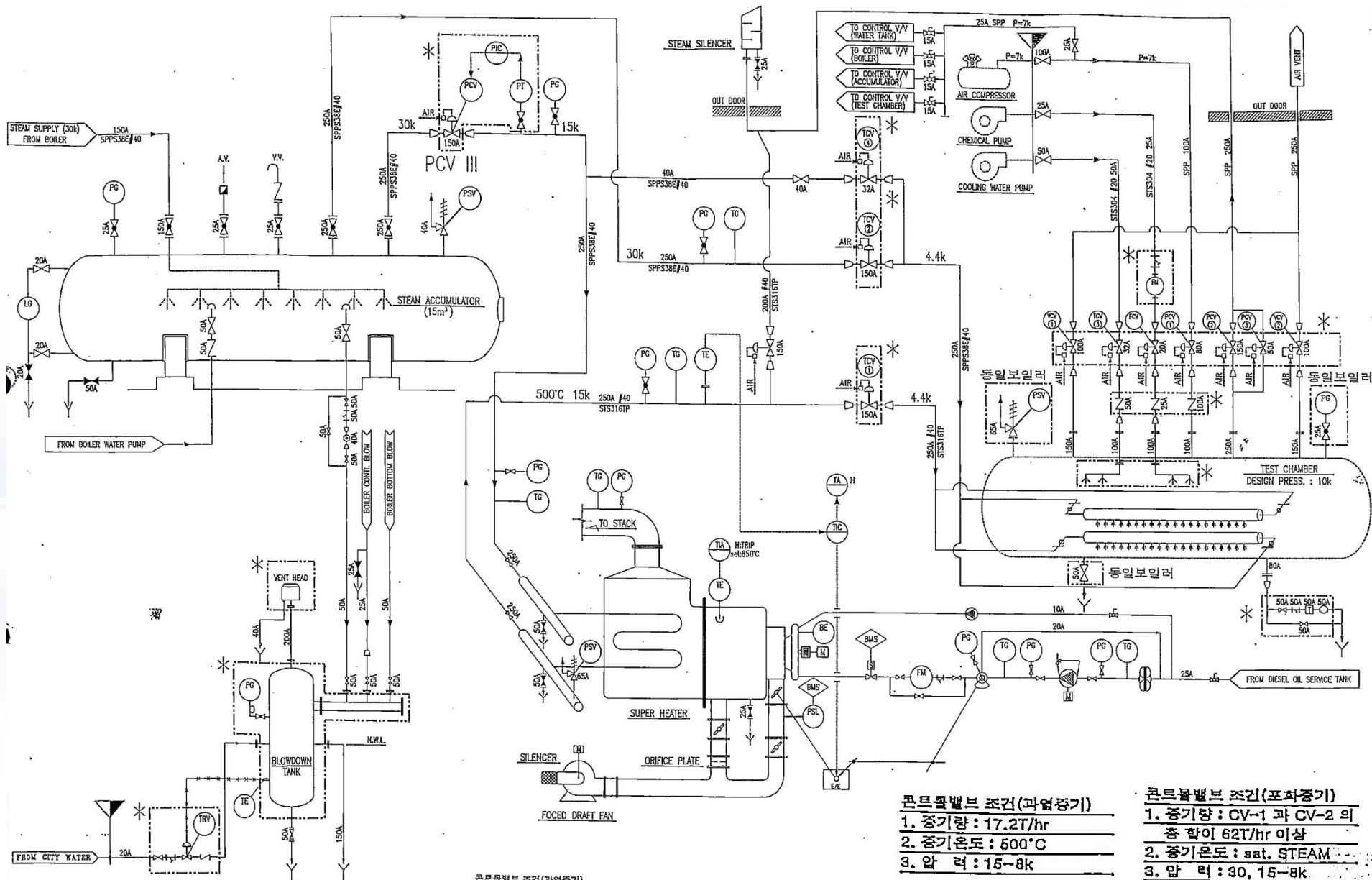
■ 기타

- 하중과 진동을 고려한 지지대 설치

주요 구성품의 요구사항 - 기타

- 작업자의 안전 및 편의를 위한 각종 장치
 - 시험챔버 고압세척기(또는 장치)
 - 최소 5명 이상 안전모, 작업화, 작업복 등과 보관대
 - 각종 일반 작업공구, 공구함, 공구카트 제공
 - 작업자의 모니터링 환경(의자, 책상, 문서함 등)
- 깔끔하고 안전을 고려한 전원 및 제어/계측 신호 케이블 설치
- 주요 시험기기의 관찰을 위한 CCTV 설치
- 전체 시험설비의 미니어처 혹은 3-D 도면파일 제공
- 환경영향 최소화 방안 필요
 - 저공해 보일러 및 화학용액 누출 방지 방안 필요
 - 소음 발생 억제를 위한 방안 제시
 - 설치위치 주변 1km 내 경마장 위치

첨부 1 현 시스템 구성 및 사양 (P&ID)



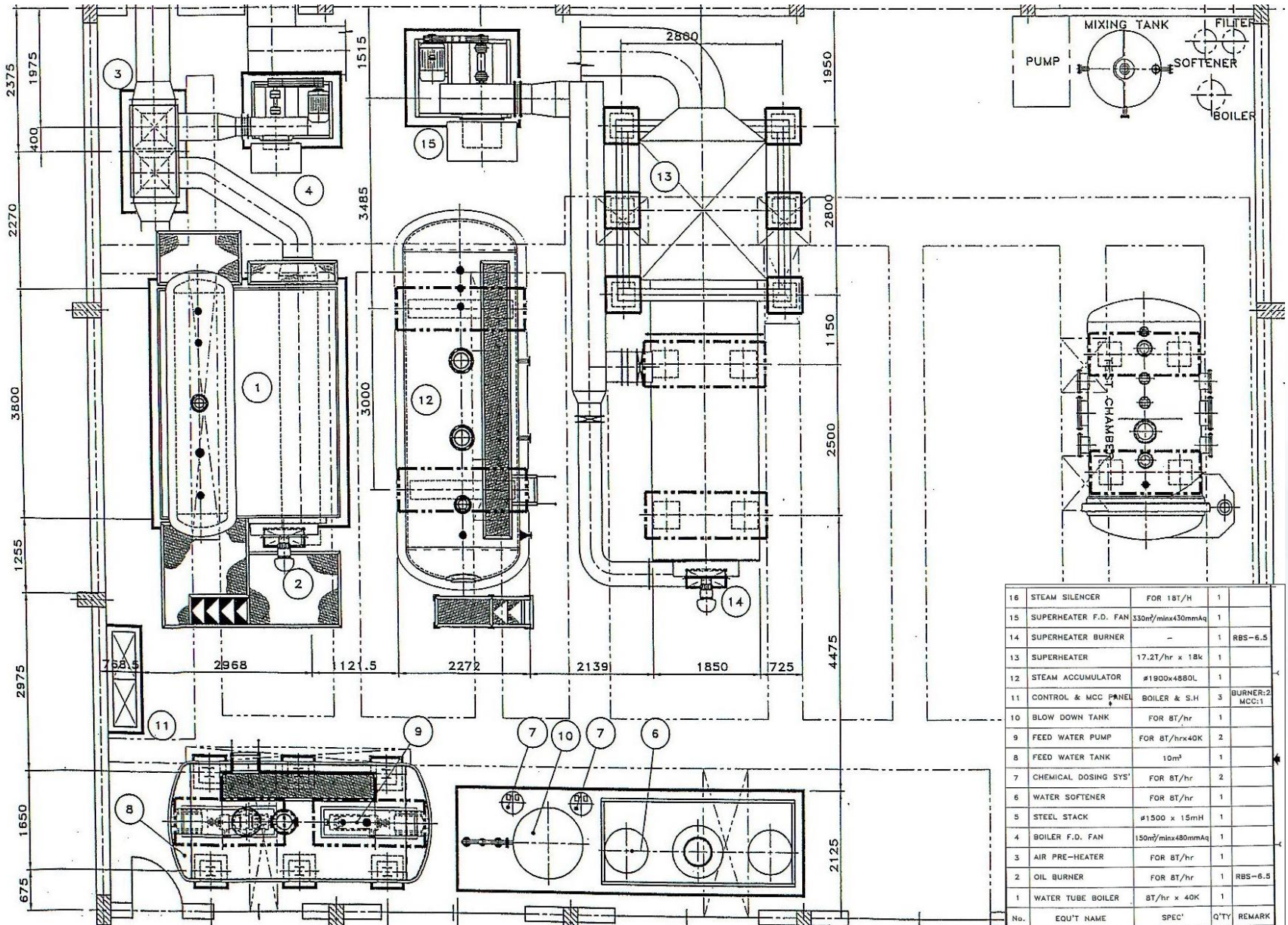
몬트콜발브 조건(과업증기)

1. 증기량 : 17.2T/hr
2. 증기온도 : 500°C
3. 압력 : 15~8k

· 콘크리트배치 조건(포화중기)

1. 증기량 : CV-1 과 CV-2 의
출 힘이 62T/hr 이상
2. 증기온도 : sat. STEAM
3. 압 력 : 30, 15-8k

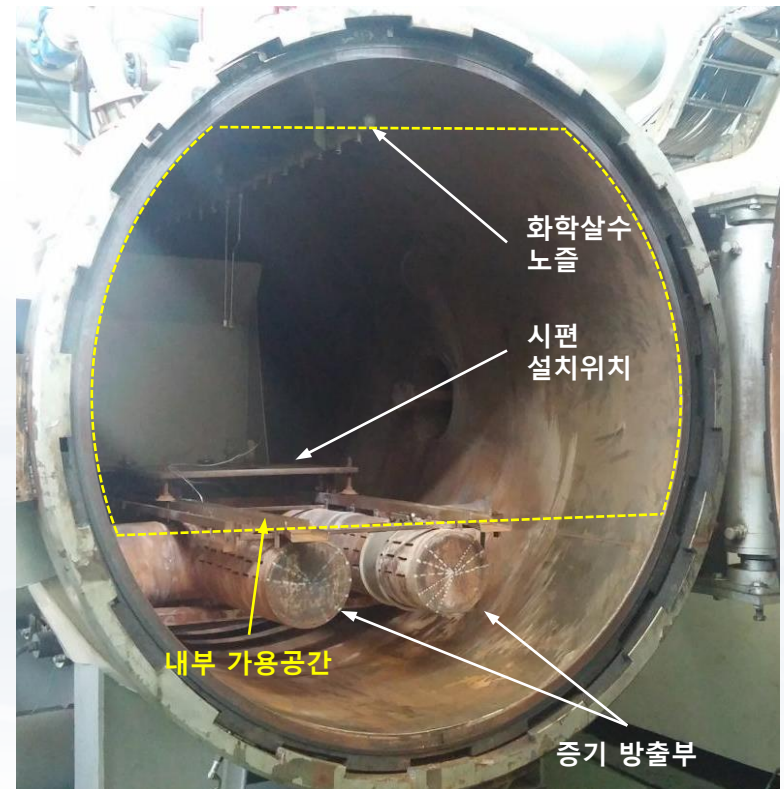
첨부 1 현 시스템 구성 및 사양 (배치도)



16	STEAM SILENCER	FOR 18T/H	1	
15	SUPERHEATER F.O. FAN	330m³/minx430mmAq	1	
14	SUPERHEATER BURNER	-	1	RBS-6.5
13	SUPERHEATER	17.21m/hr x 18k	1	
12	STEAM ACCUMULATOR	φ1900x4880L	1	
11	CONTROL & MCC PANEL	BOILER & S.H.	3	BURNER:2 MCC:1
10	BLOW DOWN TANK	FOR 8T/hr	1	
9	FEED WATER PUMP	FOR 8T/hrx40K	1	
8	FEED WATER TANK	10m³	1	
7	CHEMICAL DOSING SYS	FOR 8T/hr	2	
6	WATER SOFTENER	FOR 8T/hr	1	
5	STEEL STACK	φ1500 x 15mH	1	
4	BOILER F.O. FAN	150m³/minx480mmAq	1	
3	AIR PRE-HEATER	FOR 8T/hr	1	
2	OIL BURNER	FOR 8T/hr	1	RBS-6.5
1	WATER TUBE BOILER	8T/hr x 40K	1	
No.	EQU'T NAME	SPEC	Q'TY	REMARK

첨부 2 현 시험챔버 세부사양

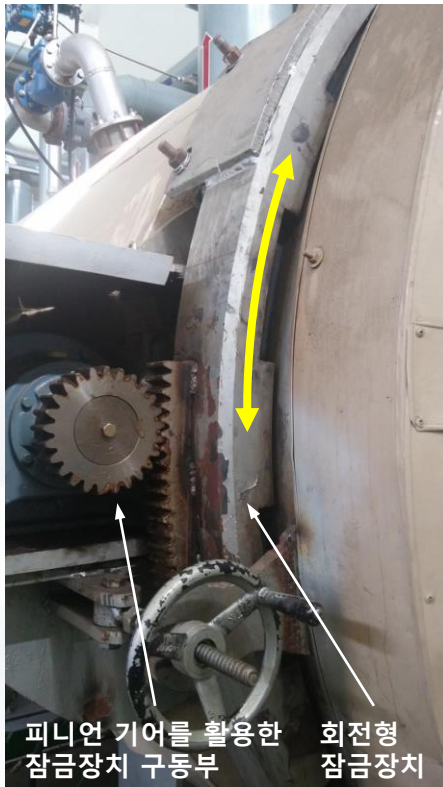
■ 챔버 구조 및 내부 가용공간



※ 현장설명회 참가 시 참관 가능

첨부 2 현 시험챔버 세부사양

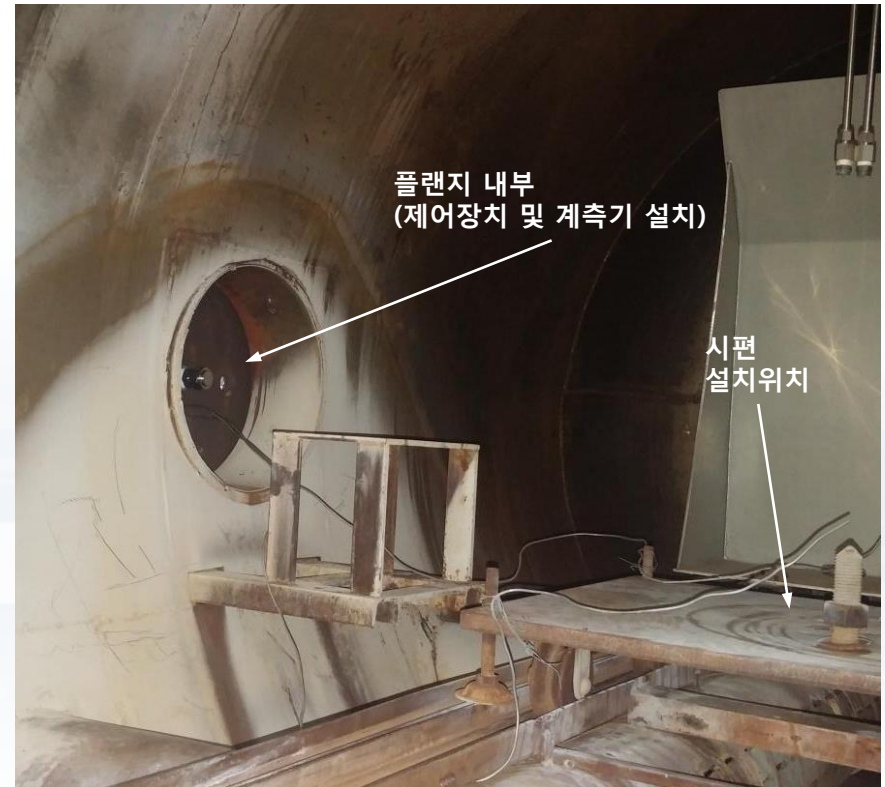
■ 챔버 개폐 및 기밀 장치



※ 현장설명회 참가 시 참관 가능

첨부 2 현 시험챔버 세부사양

■ 시편 제어 및 계측을 위한 교체형 플랜지



※ 현장설명회 참가 시 참관 가능

첨부 3 수위 측정장치 개념도

■ 침수시험

• 설계기준사고 시 화학용액에 잠기는 시편의 환경조건 모사

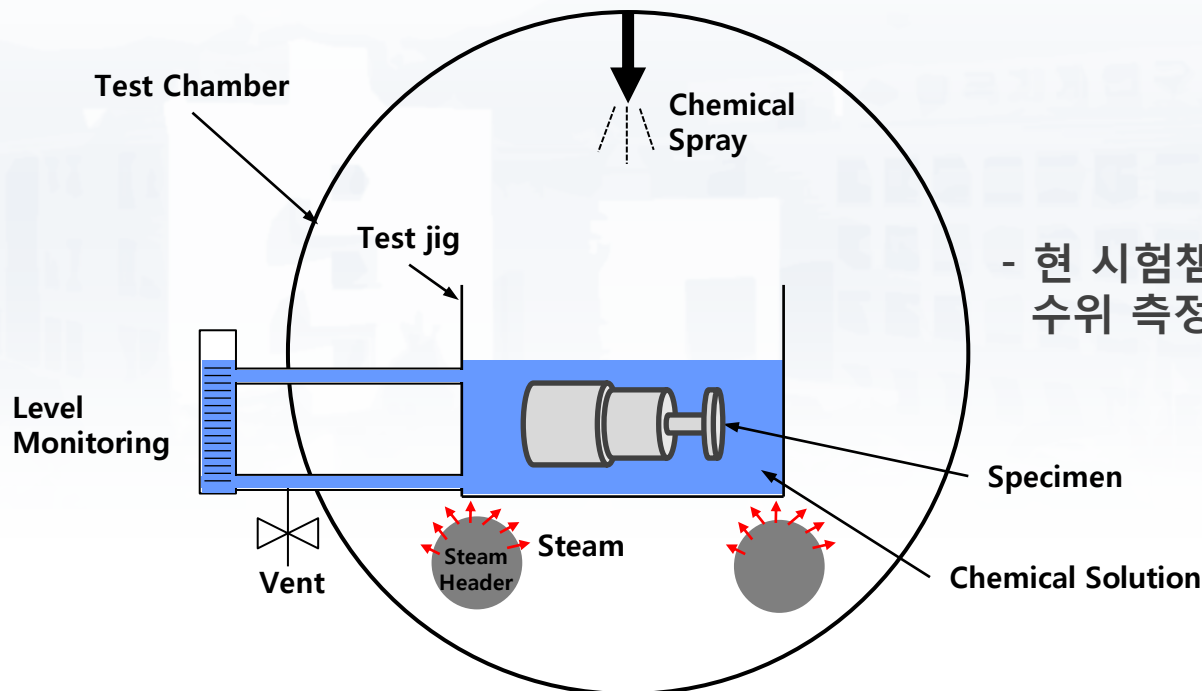
- 시편의 크기(높이)에 따른 침수조건 구현 방안 필요

→ 침수용 Test Jig 제공 및 수위조건 조절 방안 필요

- 침수시험 Level Monitoring 장치 필요

→ 시험자의 안전과 편의를 보장할 수 있는 Level Monitoring 방안 필요

→ 챔버 내 관찰용 장비(고온용 카메라 등)와 연계된 장치의 구성 가능



- 현 시험챔버 기준
수위 측정장치 개념도