

# 原子力 밸브信賴性 実証試験과 熔接部等 热影響 信賴性 実証 試験

—開發部—

## 밸브 信賴性의 実証試験

### 必要性

原子力 發電所는 配管系統이 複雜하여 여기서 使用되는 밸브의 種類, 個數는 膨大한 것이다. 特히 原子力 發電所에 使用되는 밸브에 대해서는 放射性 物質을 系外로 새어나가지 못하게 하는 구조이어야 하며, 安全系에 사용되는 밸브는 고도의 作動性能을 가져야 하는 등 대단히 嚴한 요구를 만족시켜야 하는 것으로서 이들중에는 放射性 物質에 의해 汚染되는 것도 있으므로 調整, 補修가 容易한 구조이어야 한다.

이와 같은 여러가지의 要素를 만족시키기 위해 原子力 發電所에서 사용되는 밸브에 대해서는 一般의 구조물보다 훨씬 嚴한 설계, 제작, 시험, 검사 등이 행해지고 있으나, 美國의 原子力 規制委員會(NRC)의 故障例 報告書에 의하면 원인별로 보아서 原子力 發電所에서는 漏洩作動支障 등의 밸브의 故障에 起因하는 nonconforming의 發生率이 높다는 결과가 나오고 있다.

이로 인하여 原子力 發電所에서 사용되고 있는 各種 밸브에 대해서 苛酷한 條件下에서의 信賴性, 性能承認 등의 試験을 행하여 原子力 發電所의 nonconforming의 主因을 占하는 밸브의 安全性, 信賴度를 実証할 필요가 있다.

### 試験計劃

이 実証試験은, 一次系, 安全系에 사용되고 특히 높은 信賴性이 요구되고 있는 밸브중 약 70 종류 120個의 밸브에 대해 苛酷한 條件下에서의 定量의 信賴度 및 性能의 確認등의 実証을 行한다.

### ■ 環境試験

原子力 發電所에서 특히 주의하여야 할 것은 原子爐 冷却材(물)를 密閉하고 있는 一次系의 配管이 破斷했을 경우이다.

이 試験은 一次系 配管의 파단을 想定해서 原子力 發電所의 原子爐 格納容器内에 設置되고 安全上 一次冷却材 襲失사고時 및 事故後에 作動이 요구되는 밸브에 대해서 그 驅動장치를 포함해서 사고시 및 사고후 零圍氣에서도 建全하게 그 기능을 다하는 것을 実証하기 위한 시험이다.

또 配管 破斷과 같은 경우에 예상되는 환경 조건하에서 原子力 發電所를 安全하고도 스무스하게 정지시키는데 필요한 밸브의 기능을 実証하기 위한 시험이기도 하다.

그外에 원자력 발전소 運転中에 接続配管 등에 의해서 荷重이 加해지므로, 이들을 摸擬해서 시험밸브에 配管反力を 주어서 行하는 反力시험, 진동에 의한 밸브의 기계적 특성, 작동특성을 파악하기 위해서의 振動시험 및 밸브에 온도 변화 등을 주어서 각部의 發生応力を 파악하기 위한 応力測定도 포함된다.

## ■ 作動性能·漏減試験

이 시험은 원자력 발전소 運転中の 條件下에서 되풀이, 作動시험 등을 행해서 요구되는 作動성능을 만족하는가를 확인하는 동시에 밸브各部로부터의 漏減을 측정하는 시험이다. 또, 원자력 발전소에서 사용되고 있는 밸브중에서 특히 流量의 特性 實驗值를 필요로 하는 밸브에 대해서는 抵抗係度의 측정을 행한다.

## ■ 安全밸브, 릴리프 밸브 試験

이 시험은 原子爐 格納容器内에 설치되는 次系의 안전밸브, 릴리프 밸브에 대해서 原子爐 運転壽命期間中에 加해진다고 예상되는 條件下에서 그 기능을 다하는 것을 實証하기 위한 시험이다.

# 試驗裝置의 概要

## ■ 環境試験 裝置

이 시험장치는 原子爐 冷却材 상실사고時 등의 原子爐 格納容器內의 환경조건을 되도록 摸擬하여 그 환경 條件下에서의 밸브의 성능을 확인할 수가 있다. 이 장치는 환경용기, 스프레이탱크, 冷却器 스프레이 펌프, 再循環펌프등으로서 구성되며 環境容器는 PWR 原子力 發電所用의 最大 밸브의 시험이 가능한 칫수의 것도 시험 할 수 있는 용량이라야 할 것이다.

## ■ 蒸氣 試験裝置

이 시험장치는 증기용 밸브에 대해서 원자로 운전壽命期間에 상당하는 回数의 作動性能의 시험이 가능해야 한다. 이 장치에는 真空破壞밸브의 성능 시험用의 真空조건을 만들어 내기 위한 에젝터 等을 설치하고 있으며, 또 蒸氣밸브의 流体차단 성능시험과 調整밸브의 성능시험을 위한 多量의 증기를 필요로 하므로 어큐뮬레이터 또는 리시버에서 高溫高壓水 또는 증기를 저장해 두고 일시에 多量의 증기를 공급해야 한다.

## ■ 溫水 試験裝置

이 시험장치는 水用밸브에 대해서 원자로壽命期間에 상당하는 回数의 作動性能의 試験用이다. 이 장치는 溫水發生器와 순환펌프에 의해 175

$\text{kg}/\text{cm}^2 \cdot \text{g}$ , 343°C의 加压水의 필요한 시험을 할 수 있으며, 다시 55°C/h의 昇温과 降温 및 100°C와 50°C의 스텝狀의 온도 변화를 시험用 밸브에 줄 수 있어야 한다.

## ■ 安全밸브, 릴리프 밸브 試験裝置

이 시험장치는 80 $\text{kg}/\text{cm}^2 \cdot \text{g}$ 의 鮑和증기로서 大流量을 흐르게 할 필요가 있는 安全밸브·릴리프밸브와 175 $\text{kg}/\text{cm}^2 \cdot \text{g}$ 의 高压用 安全밸브, 高温高压水用 릴리프밸브 및 常温加压水用 릴리프밸브의 여러 성능의 시험을 한다.

## ■ 抵抗係數測定 試験裝置

이 시험장치는 常温水를 흐르게 해서 最大口径 400mm까지의 밸브의 抵抗係數(밸브의 開數에 따른 밸브의 通過流水에 주는 抵抗)의 측정용이다.

# 溶接部等 热影響部

## 信賴性 實証試驗

### 必要性

1974년 가을 美國의 BWR 原子力 發電所 再循環水系 바이패스管에 微細한 금이나서 갈라져 있는 것을 발견한 以來 이어 日本의 原子力 發電所에서도 一次系配管, 爐心스프레이系 配管등이 熔接等에 의한 热影響部의 일부에 같은 미세한 금의 갈라짐이 발견되었다.

이들의 微細한 금의 갈라짐으로 因해 각 원자력 발전소는 모두 点檢, 보수, 改造를 위해 부득이 一時的으로 운전을 정지하였으며 그 결과, 원자력 발전소의 가동률이 저하하여 국민일반에 원자력 발전소에 대한 不安全感을 가지게 했다.

금후는 이들의 不安全感을 扱拭하고 보다 많은 국민의 이해와 협력을 얻어 원자력 발전소의 설치를 추진해 나가기 위해서는 실제의 원자력 발전소의 설비에 되도록 가까운 実規模 루프를 만들어 실제의 운전상태를 模擬한 상태에서 시험을 행하여 여기에서 얻어진 데이터에 따라서 용접등에 의한 열영향부의 안정성, 信賴性을 實証해 나갈 필요가 있다.

## 試験計画

溶接部 等 熱影響部 信頼性 実証試験은, 실제의 원자력 발전소 설비의 사용환경을 模擬함으로써 미세한 금갈라짐, 소위 応力腐食 갈라짐의 발생箇所에 주어지고 있는 환경因子, 起動정지등의 과도적 변화 応力상태 材質 및 旅行法등의 영향을 확인하고 応力腐食 갈라짐의 原因을究明함과 함께 용접부의 신뢰성을 実証하려는 것이다.

### ■ 綜合 模擬試験

이 시험에서는 応力, 水質, 운전상태 등을 원자로 운전壽命기간 중에 遭遇한다고 생각되는 조건으로 設定함으로써 實機에서의 갈라짐 發生조건을 再現시킴과 동시에 応力腐食 갈라짐 대策으로서 현재 사용되고 있는 대策材나 대策工法에 대해서 信頼性의 実証을 행한다.

다시, 원자력 발전소의 配管等에서의 갈라짐 및 漏洩에 關하는 檢出, 監視기술의 有用性에 대해서도 확인한다.

### ■ 加速試験 및 갈라짐 挙動 確認試験

加速시험은 실제의 원자력 발전소에서 사용되고 있는 配管徑에 맞춘 試験体를 사용해서 주로 환경, 응력에 의한 加速 조건하에서의 応力腐食 갈라짐의 有無를 파악하고 각종 工法 및 使用材料의 설계상의 余裕度 등을 확인한다.

다시 応力腐食 갈라짐 發生後의 強度의 余裕度의 推定 및 急速한 갈라짐의 進展을 수반하지 않은 것을 확인하기 위해 갈라짐 挙動 확인시험을 행한다.

## 試験裝置의 概要

### ■ 綜合模擬 試験裝置

이 시험장치는 시험장치 各部의 温度, 応力, 水質條件을 실제의 PWR型 원자력 발전소에 되도록 모의하여 시험부에 원자로 운전壽命기간에 상당하는 热사이클(起動→定格運転→停止)을 줄 수 있다.

시험부는 再循環 바이пас스 라인 模擬配管, 원자로 冷却材淨化系 모의배관, 라이저管 모의배관 등으로 구성되며, 원자로 모의压力 容器내에는

모의燃料 集合体(10本), 制御棒(4세트), 펌프(1세트) 등을 설치하여 운전온도 285°C, 운전压力 80kg/cm<sup>2</sup> 이상이라야 하며 PWR型 원자력 발전소의 운전상태를 모의할 수 있게 되어 있어야 한다.

### ■ 加速 試験裝置

이 시험 장치는 試験管(시험되는 模擬配管)에 실제의 PWR型 원자력 발전소 보다 더 严한 水質의 高溫高圧水(溶存酸素 8ppm, 온도 285°C 이상, 圧力 70kg/cm<sup>2</sup> 이상)을 순환시켜 시험관에 亂曲応力 引張応力を 되풀이해서 加하여 粒界型 応力腐食 갈라짐의 시험을 할 수 있어야 한다.

시험기의 형식	시험관의 직경(mm)	한꺼번에 시험할 수 있는 시험관의 수(本)
4点굴곡	100	4
시험기	300	4
	500	2
되풀이引張시험기	100	15

### ■ 갈라짐挙動 確認 試験裝置

이 시험장치는 콘프라이언스(反撓力)이 큰 용수철에 의한 기계적 충격(최대 200ton) 또는 高温에서 低温으로 急冷시키는 열충격을 시험管(또는 시험片)에 주게 함으로써 시험管(또는 시험片)에 주어진 갈라짐(龜裂)이 어떠한 상태와 速度로 進展하는가를 확인하는 시험을 할 수 있다.

以上과 같은 시험설비의 1例로서 日本의 原子力工學試験センター의 ベル브信頼性 実証試験 試験設備示方概要를 아래에 보인다. (各 試験裝置의 示方은 省略하고 裝置名만 든다).

×                    ×                    ×

### 試験設備

#### 1. 試験裝置 및 配管, ベル브

##### 1-1 試験裝置

###### (1) 環境 試験裝置

(1) 環境容器	1基
(2) 冷却器	1基
(3) 減圧減温裝置	1式
(4) 스프레이 텅크	1基
(5) 스프레이 펌프	1台
(6) 再循環 펌프	1台

(2) 蒸氣 試驗裝置		(2) 蒸液 注入裝置	1式
(1) 減圧·減溫 장치	1台	(3) 試料 採取裝置	1組
(L) 에 쟈 터	1台	(4) 純水 處理設備	2基
(C) 랍차 디스크	1式	(5) 附屬裝置	
(E) 사이렌서	1基	(1) 補給水 펌프	1台
(H) 랍차 디스크·스트레이너	1式	(L) 淡水 탱크	1基
(3) 溫水 試驗裝置		(C) 淡水 펌프	1台
(1) 溫水 發生裝置	1基	(E) 回收 펌프	1台
(L) 冷却器	1台	(H) 冷却塔	1基
(C) 循環 펌프	1台	(S) 冷却水 펌프	2台
(E) 電動機	1台	(A) 窒素ガス 供給裝置	2式
(4) 抵抗係數 試驗裝置		(O) 油压式加振 장치	1式
(1) 循環 펌프	1台	(X) 慣性型加振機	1式
(L) 水路 變換器	1台	(Z) 排水處理設備	1式
(C) 脈動 防止裝置	1台	2-3 計裝 및 制御裝置	
(E) 計量 탱크	1台	(1) 中央 制御盤	
(5) 安全밸브, 릴리프 밸브 試驗裝置		(1) 運転 監視盤	1組
(1) 어큐뮬레이터	1基	(L) 보일러 制御盤	1組
(L) 리시버 (A)	1基	(2) 現場 操作盤, 現場 操作箱子	
(C) 리시버 (B)	1基	(1) 運転監視	各種 各1~5式
(E) 油压裝置	1式	(3) 空氣源 設備	
(H) 高壓 펌프	1式	(1) 計裝用 圧縮空氣 發生裝置	1台
(A) 安全밸브 格納容器	1式	(L) 所內用 圧縮空氣 發生裝置	1台
(S) 어큐뮬레이터用 自動溫度 上昇 制御裝置	1式	(4) 計測器	1式
1-2 配管·밸브		(5) 調整밸브	1式
(1) 環境 試驗裝置	各種 各 1式	2-4 電氣設備	
(2) 蒸氣 試驗裝置	各種 各 1式	(1) 機器任權	11種各 1~14式
(3) 溫水 試驗裝置	各種 各 1式	3. 施設整備	
(4) 抵抗係數 測定裝置 (루프全体)	1式	3-1 크레인 施設	1台
(5) 安全밸브, 릴리프 밸브 試驗 裝置	各種 各 1式	3-2 업프 탱크, 貯水槽 其他 기계기초 공사	
2. 共面設備		(1) 업프 탱크	1式
2-1 보일러 設備		(2) 抵抗係數 測定장치用 貯水槽	1式
(1) 보일러	1基	(3) 屋内機械 基礎工事	1式
(2) 通風設備	各種 各 1式	(4) 屋外機械基礎工事	1式
(3) 燃燒設備	各種 各 1式	3-3 工業用水 施設	
(4) 理込 金屬具	1式	(1) 送水 펌프	2台
(5) 配管, 밸브	1式	(2) 工業用水 送水配管	1式
(6) 脫室(硝) 裝置	各種 各 1式	3-4 電氣供給 施設	
2-2 給水, 純水, 蒸液注入 및 冷却水 設備		(1) 閉鎖 配電盤	1式
(1) 給水設備	各種 各 1式	(2) 케이블 設備	1式
3-5 가스供給 設備		(1) 가스供給 裝置	1式