

프랑스 PWR의 格納容器 Vent에 濾過器 設置

1980年代初에 Wash 1400의 危險性을 分析研究한 프랑스의 安全擔當機關과 EdF는 内部壓力超過로 格納容器的 破損을 가져올 수 있는 事故가 發生했을 때 大氣로 放出될 지도 모를 氣와 Aerosol 漏出量을 相當量 줄이기로 目標을 세웠다.

1975년경부터 지금까지 프랑스의 安全性改善 方式은 基本的으로 炉心溶解事故와 같은 發生可能性이 적은 重大事故를 包含한 設計基準 事故研究에 대하여 美國의 決定論的인 方式을 補完하는 것이었다. 그 結果로 事故豫防에 도움이 되는 몇가지 比較的 簡單한 節次가 프랑스의 原電플랜트에 採択되었다.

設計基準事故 範圍內的 事態는 現在 H-節次라고 하는 것에 의해 커버되고 있는데 이 H-節次는 甚한 燃料崩壞의 危險을 事前防止하고 그 外의 危險을 크게 줄이기 위한 補充 節次이다.

이 外에 EdF는 또한 炉心溶解를 防止하기 위한 既存의 모든 手段을 最大限 活用할 目的으로 事故後 플랜트 運轉에 대한 方式을 發展시켰다. 이것이 「플랜트 狀態基準 制御方式」이다.

이러한 모든 手段은 重大事故의 事前豫防 目的이지만 發生可能性이 稀薄한 重大事故 發生時의 事後處理를 위한 節次를 準備해 놓는 것도 重要하다. 이러한 節次가 所謂 U-節次라는 것이다.

緊急時 計劃은 큰 炉心損傷을 包含해 重大事故의 豫想結果에 符合되는 것이어야 하며 이러한 豫想結果는 設計基準 事故 보다 더 複雜하게 될 可能性이 많다. 프랑스의 統制機能으로 보아 프랑스의 緊急時 計劃은 半徑 10km 以內 地域住民의 統制와 플랜트에서 5km 以內 地域住民의 疎開를 必要로 한다.

Wash 1400以後 實施된 여러가지 研究結果 格納容器的 直刻的인 破壞(예를 들어 蒸氣 또는 水素의 爆發로 因한)를 가져오는 事故는 생각할 必要가 없는 것으로 나타났다. 그러나 이것은 時間이 經過한 다음(예를 들어 1日後 등) 格納容器 破損을 가져오는 事故에 대해서는 그렇게 말할 수는 없다. 이러한 種類의 事故는 예를 들면 冷却되지 않은 炉心과 콘크리트間的 相互作用으로 因한 格納容器內的 壓力增加에 의해 發生할 수도 있다.

不幸히도 오늘날의 事故에 관한 研究結果는 悲觀論쪽으로 기울어져 있으며 우리로 하여금 이와 같은 事故로 인한 放射能의 영향과 現在의 프랑스의 緊急時 計劃 施行案이 맞지 않는다고 생각하도록 만들고 있다.

Source Term에 관한 研究는 現在의 假定들을 固守하는 쪽으로 向하고 있다는 것을 잊어서는 안되며 프랑스에서 適用하는 方式은 論難의 餘地가 없는 것이 되어야 한다. 따라서 프랑스의 PWR에 濾過型 格納容器 減壓裝置를 設置할 必要가 있는 것으로 結論이 내려졌다. 이 裝置는 格納容器的 許容壓力 限界를 設計基準壓力 水準으로 끌어올리며 放射能 放出量을 緊急時 計劃 施行案과 맞는 水準까지 減少시킨다. 이 시스템의 稼動節次는 U5 節次라고 불리워지고 있다.

1980年代初에 Wash 1400의 危險性을 分析研究한 프랑스의 安全擔當機關과 EdF는 内部壓

力超過로 格納容器的 破損을 가져올수 있는 事故가 發生했을 때 大氣로 放出될 지도 모를 瓦斯와 Aerosol 漏出量을 相當量 줄이기로 目標을 세웠다.

이 目標은 이러한 種類의 重大事故가 外部에 미치는 影響을 假定的인 “China Syndrome” 事故時에 Raft를 통해 周圍環境에 漏出될 可能性이 있는 放射線量으로 制限하는 것이다.

그 當時 入手한 데이터에 따라 放出되는 放射線量을 1/10로 줄이기로 目標을 세웠다. 이러한 目標達成을 위해 實際狀況下에서 機能을 發揮할 수 있도록 強力한 필터를 開發하지 않으면 안되었다.

이러한 필터의 開發을 위해 프랑스 原子力委員會(CEA)의 保健物理/原子力安全防護研究所(IPSIN)와 共同으로 Piteas 研究開發事業이 始作되었다. 이 研究結果 아주 操心스럽게 選定한 모래(砂)를 使用한 필터가 所定の 效率를 낼 수 있다는 것을 알게 되었다.

事故의 假定條件

Piteas 研究開發事業에 着手하는데 있어 우선 事故의 假定條件을 設定하였다.

氣體混合物의 成分은 事前設計된 安全性이 完全히 喪失되고 또한 Corium(爐心材料) 溶解로 콘크리트가 分解되어 發生하는 瓦斯로 因한 格納容器內部壓力이 徐徐히 增加하는 경우를 假定하였다.

格納容器內的 流体 密度는 4 kg/m^3 로 잡았으며 이의 放射能濃度는 Wash 1400 報告書의 情報資料에 따라 IPSN에서 算出한 값으로 假定하였다.

濾過해야할 流体의 特性은 다음과 같이 假定했다:

最大氣體流量	3.5kg/s
氣體成分(自墜質콘크리트의 경우)	
空氣	33%
CO ₂	33%

蒸氣	29%
CO	5%
溫度	140℃
壓力	5 bar ab.
Aerosol 含量	0.1g/m ³

이 시스템設計에서는 電源喪失(모니터링과制御機能을 위해 必要한)은 考慮되지 않았다. 現在 豫測하기로는 이 시스템은 어떠한 事故時에도 發生後 1日 以內에 再稼動시킬 必要가 없기 때문에 이 사이에 電源이 回復될 것이다.

濾過器 設計原則

濾過시스템이 갖추어야할 要件은 다음과 같다

- 이 設備은 正常的인 플랜트運轉과는 關聯이 없을 것.
 - 이 設備은 다른 換氣設備와는 完全히 獨立돼 있을 것.
 - 플랜트 人員에 대한 深刻한 放射線障害 없이 遠隔調整 또는 手動으로 始動할 수 있게 돼 있을 것.
 - 設計基準事故發生時에 建物 機能에 支障을 招來하지 않을 것.
 - 綜合的인 漏出量測定試驗後 格納容器的 壓力를 減少시키는데 使用할 수 있을 것.
- 이것은 또한 이 시스템의 使用可能性을 알아보기 위한 定期點檢에도 該當된다.

設備 概要

濾過器를 使用하기 위해 格納容器에 구멍을 내는 것은 漏出量測定試驗(竣工後와 每 10年 마다)後格納容器壓力를 減少시키기 위해 이미 使用되고 있는 方法이다.

이 구멍은 內部格納容器(1300MWe 유니트의 경우, 註) 參照)의 것은 바깥쪽은 Seal이, 안쪽은 밸브가 設置돼 있다. 이러한 配列 代身에 格納容器에 可及의 가까이 2個의 外部밸브를 直列로 設置한다. 이 밸브들은 5 bar 壓力(格納

容器 設計基準壓力)에서 열리도록 設計되어 있다. 이 밸브들은 換氣가 돼 있는 區域(正常稼動時에 接近할 수 있도록)에 位置하며 이 區域 밖에서 遠隔調整된다. 또한 靜壓裝置가 붙어 있어 濾過되는 가스混合物의 流量을 制限하게 돼 있다. 밸브와 濾過시스템間的 連結는 炭素鋼파이프로 한다. 이 파이프 配管은 耐震는 考慮되지 않으나 隣接한 配管에 대해 影響을 주지 않도록 支持되어 있다.

이 시스템은 全体的으로 濾過後의 氣體 混合物이 大氣放出될 때까지 蒸溜水가 發生하지 않도록 配列되어 있다.

濾過器 設計基準

Piteas 實驗結果 研究所 次元에서는 中間크기의 모래粒子(0.6mm)을 使用해서 가스流量 約 10cm/s를 通過시키는 경우 Aerosol에 대해서는 濾過效率를 10倍以上으로 높일 수 있는 것으로 나타났다.

이 보다 큰 規模의 試驗이 큰 模型(0.80cm 두께의 모래層을 갖고 있는 直径 1m의 円筒)에서 實施되었다. 이 試驗에서는 다음과 같은 變數를

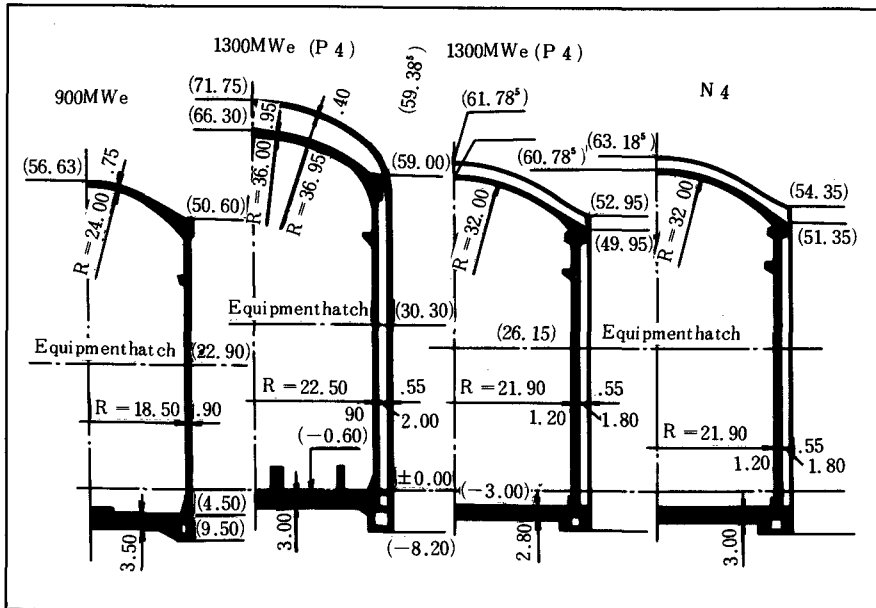
變化시켜 實驗하였다. 即 모래의 粒子 크기와 組成, Aerosol의 組成, 濾過器通過流量, 濾過되는 氣體中의 蒸氣의 百分率 成分 등. 이 試驗에서는 또한 始動時의 狀態도 調査하였다. 이 大規模試驗으로 研究所次元의 試驗結果가 確認되었다.

이러한 試驗結果에 따라 濾過器 Bed의 表面이 10cm/s의 最大流入量을 通過시킬 수 있도록 設計되었다. 이러한 條件下에서는 濾過器 通過時의 壓力降下는 100mbar 程度이다.

濾過器의 円筒型 金屬케이싱은 다음과 같은 特性을 갖추고 있다.

- 두께 7.32mm의 炭素鋼板으로 돼 있는 円筒型 케이싱.
- Cattenon近處 모래에서 選別한 모래(0.6mm의 中間級 모래)로 돼 있는 80cm 두께의 濾過器 Bed.
- 設計基準壓力 1.3 bar.

900MWe級 PWR에서는 이만한 크기와 무게의 濾過器케이싱을 收容할 수 있는 場所는 原子 炉 補助建物の 지붕뿐이며 따라서 이것을 支持



프랑스에서의 格納容器 設計의 變遷. (註) 參照

(註) 프랑스의 1300M We유닛들은 2重壁의 格納容器를 갖고 있다. 이 2重壁은 鋼製 Liner 가 없는 鐵筋콘크리트 構造이며 內壁과 外壁의 두께는 各各 約 1m와 0.5m이다. 이 2重壁의 原理는 內壁으로부터의 漏出分은 大氣壓보다 若干 낮게 維持되는 二壁사이의 2m間隔의 円形空間에 모여서 드레인시키고 濾過하는 것이다. 900MWe유닛만은 鋼製 Liner 를 가진 單一鐵筋콘크리트 壁을 갖고 있다. 프랑스의 格納容器的 設計壓力는 5bar 程度이다.

하기 위한 Beam이 追加設置된다.

이 濾過器 케이싱의 設計基準은 地震發生時에 破損되거나 落下되지 않고 原子力補助建物の 지붕을 損傷하지 않도록 하는 것이다. 1300MWe PWR의 경우에는 이 濾過裝置를 原子力補助建物の 지붕이나 建物内部에 設置한다.

이 裝置는 運轉員들이 過度한 被曝線量を 받지 않도록 하기 위해 遠隔調整裝置를 生体保護를 위해 使用되는 콘크리트 遮蔽壁 뒤에 둔다.

이 外에 運轉員保護를 위해 이 配管이 通過하는 區域과 原子力 補助建物 지붕에 運轉員이 接近하지 못하도록 警報裝置를 設置한다.

가스의 放出은 漏出가스를 放出하기 위해 通常 使用되는 굴뚝의 内部 또는 外部에 別途로 設置된 Duct를 통해 이루어진다.

濾過裝置의 使用方法

이 시스템 濾過 運營에 따른 많은 問題들이 아직도 研究되고 있다.

- 重大事故가 났을 때 누가 이 減壓시스템을 稼動할 責任을 지는가?

緊急措置班과 連結되고 公共機關에서 認定한 運轉員이 責任을 진다.

- 어느 時點에서 이 裝置를 稼動시키는가?

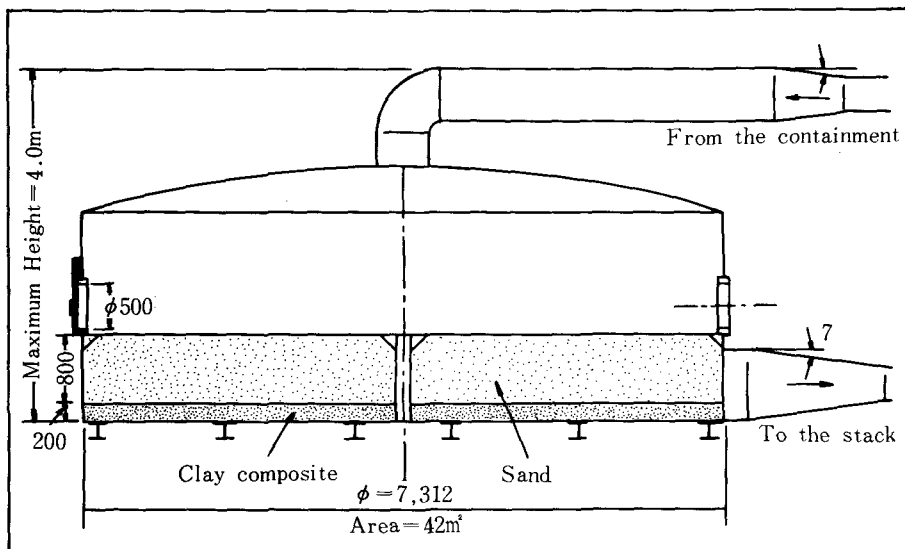
格納容器壓力이 設計基準壓力(5 bar)에 이 르렀거나 超過했을 때 始動한다. 萬一 超過壓力 以外의 다른 原因에 의해 格納容器的 破損(Raft를 통한 貫通)이 不可避한 경우에는 이 裝置가 放射能放出量を 調整하게 된다.

- 이 裝置는 어떻게 稼動되어야 하는가?

이 시스템을 使用하는 方法을 開發하고 또한 運轉上의 伸縮性과 動的인 狀態下에서의 特性을 알아내기 위한 研究가 保健物理/原子力 安全研究所와 共同으로 進行되고 있다. 이와 같이 Raft를 통한 漏出을 防止하는데 도움이 되도록 結果적으로 물로 Corium을 冷却시키기 위해 이 濾過器를 使用할 수 있는지 與否를 알아내기 위한 研究가 進行中이다. 이 研究는 重大事故를 管理하기 위한 여러가지 對策을 開發하기 위한 戰略과 符合되는 것이다.

濾過器設置計劃

여기에서 論議된 研究開發事業의 最終的인 目標은 EdF에서 自社의 900MWe, 1200MWe, 1400 MWe級 PWR 모두에 設置하려고 하는 實用的인 格納容器 濾過減壓시스템의 開發이며 이 시스템은 1987年 後半부터 플랜트에 設置할 豫定이다.



重大事故 發生時 使用하도록 프랑스 PWR에 設置될 砂層(Sand Bed) 濾過器.