

□ '83夏季學術會議招請講演 □

# 원자력 발전소의 설계표준화

—한국전력기술(주)의 사업을 중심으로—

鄭 根 謨\*

## ■ 차 례 ■

- |              |                       |
|--------------|-----------------------|
| 1. 머릿말       | 5. 韓國電力技術의 設計標準化特色    |
| 2. 標準化의 必要性  | 6. 韓國電力技術의 標準化範圍      |
| 3. 標準化의 類型   | 7. 韓國電力技術의 標準設計의 技術方向 |
| 4. 外國의 標準化事例 | 8. 맺는말                |

### ① 머릿말

우리나라의 原子力發電所 建設은 原電 1·2·3 號機의 一括發注方式 建設 以後 5·6號機부터는 分割發注方式으로 轉換하여 國産化率의 提高에 힘써왔다. 특히 政府는 技術自立政策에 따라 韓國電力技術(株)를 原子力發電所 設計技術의 單一專門育成機關으로 指定하고 그에 따른 積極的인 支援을 하고있다.

原子力發電所 設計分野에 있어서 韓國電力技術(株)는 原電 1號機 詳細設計에 5% 정도 參與하였고, 7·8號機에서는 약 30%, 11, 12號機에서는 設計技術用役의 主契約者로서 概念設計를 포함하여 약 80% 參與를 目標로 準備中에 있다.

그러나 最近의 추세는 보다 低廉하고 建設工期가 짧고 安全하고 信賴性이 있는 原子力發電所를 要求하고 있어서 韓國電力技術(株)는 政府와 韓電의 後援下에 標準原子力發電所의 設計를 着手하게 되었다.

지난 4月 20日 政府의 '83年度 企業主導 國策研究開發課題로 當社의 "標準原子力發電所 設計에 관한 研究" 事業이 選定되었으며 科學技術處의 資金支援을 받아 現在 當社附設 研究開發센터에서 遂行하고 있다.

### ② 標準化의 必要性

우리나라는 現在 原子力發電所 9基를 導入하여 建設 또는 稼動하고 있으나 炉型 및 容量이 相異하고 技術導入先의 多樣함에 따라 (NSSS供給; 3個社, TG供給; 4個社, AE; 4個社) 多國籍 認許可 基準 適用, 機資材 購買仕樣의 多樣, 技術人力의 分散 등을 招來하고 있는 바, 이를 防止하고 早速한 技術自立을 위해서는 우리나라 實情에 맞는 原子力發電所를 構想하여 그 設計를 標準化하여 이를 次後에 建設될 原子力發電所에 適用함으로써 標準化의 利點을 早速히, 最大한 活用할 필요가 있다.

여기서 우리나라의 實情에 맞는 設計라 함은 過去 號機들의 設計, 國內製作, 建設 및 運轉經驗과 우리나라의 立地, 環境 및 人間工學的인 面들을 考慮하는 設計를 말한다.

標準發電所는 注文發電所에 비해 工期短縮, 建設費의 節減, 機資材의 國産化促進, 認許可期間短縮, 發電所의 信賴性 및 利用率의 向上 등 많은 利點이 있다.

### ③ 標準化의 類型

美國 NRC의 標準化計劃에서 提示된 標準化의 네 가지 類型은 다음과 같다.

#### 1) Reference System

핵증기설비 공급자 (Westinghouse, Combustion

\*正會員 : 韓國電力技術株式會社 社長  
註) 本稿는 1983年度夏季學術會議(1983. 7. 22. 慶南大)에서 講演한 內容을 取錄한 것이다.

Engineering, Babcock & Wilcox, General Electric) 및 엔지니어링 회사들이 輕水炉 (LWR) 1,300 MWe 級을 基準으로 하여 각기 NSSS 및 BOP에 대해 미리 標準設計를 하여 NSSS - SSAR 및 BOP - SSAR을 作成한다. 엔지니어링 회사의 BOP設計는 美國內 여러 主機器供給者를 對象으로 共通적으로 이루어지므로 일단 NRC의 承認을 받으면 設計發電所의 建設許可 및 運轉許可 申請時는 SSAR을 PSAR 및 FSAR上에 言及만 하면 再審査를 하지 않으므로 認許可 期間의 短縮, 즉 工期 短縮을 가져온다.

2) Duplication

한곳 以上の 敷地에 同一한 設計로 發電所를 繼續해서 建設하는 것으로, 標準化의 本 趣旨를 가장 많이 살린 類型이다. 이 方式의 短點은 標準設計의 適用期間이 限定된다는 것과 多數 敷地의 特性值를 滿足시키는 site envelopes를 適用하는 까닭에 over design의 우려가 있다

이때 發生되는 overdesign 問題로 因한 過多經費는 建設工期의 短縮等 標準化의 利點들에 의해 相殺될 수 있어야 한다.

이 同一設計로 여러基를 建設할 경우 이期間동안의 技術進步에 의한 設計改善을 反映시킬 수가 없고 標準化를 固定하는 期間이 짧으면 標準化 利點들을 期待하기 어렵기 때문에 兩者間의 適切한 平衡을 기하도록 標準設計 適用 期間을 配慮해야 한다.

이 Duplication 方式의 代表的인 例로는 美國의 SNUPPS (Standard Nuclear Unit Power Plant System) Project를 들 수 있다.

3) Replication

建設許可가 난 적이 있는 發電所를 기초로 삼아 敷地特性이나 變更된 認許可 基準에 맞추어 設計를 향상시켜 建設하는 方式이다. 우리나라의 원자력 5·6號機는 대만의 Maanshan 發電所의 Replica - tion으로 設計하기로 되어 있었다

4) Manufactured Plants

Westinghouse 社의 子會社인 Off-Shore Power System서 開發한 海上原子力發電所 (Floating Nuclear Power Plant) 建設方式을 말하는 것으로 發電所의 設計를 立地에 관계없이 完成하여 認許可를 취득한 후 發電所를 組立, 製作하여 이를 沿岸敷地로 옮겨 稼動시키는 方式이다.

FNP는 육상발전소에 비해 敷地問題의 解決이 容易하고 建設工期가 2~3年 短縮되므로 이에 따른 建設中 利子 및 物價上昇에 따른 經費를 節約할 수

있어 經濟性이 있다. 今年初 NRC로 부터 認可를 받았으나 아직 建設은 되지 않고 있다.

4 外國의 標準化 事例

1) 프랑스

原子力發電所의 標準化에 가장 成功인 나라인 프랑스는 政府主導型 標準化로써 1973年 "Tout Nucléaire" (All Nuclear) 政策 採択 以後 1·2次 標準化를 通해 PWR 900MWe 級으로 1次 18基 (L型), 2次 10基 (I型)를 各各 建設 또는 運營하고 있고 第3次 標準型 (P4)으로 1,300MWe 級PWR을 추진중에 있다. 또한 프랑스는 1979年에 輸出型으로 600MWe 級PWR을 標準化 하였다.

2) 日本

通産省主導下의 日本標準化計劃의 特色은 改良標準化이다. 第1次 改良標準化의 範圍는 敷地條件에 影響을 받지않는 NSSS主要部의 系統設計로서 信賴性向上, 設備節減等을 反映하였고 제2次 標準化의 범위는 耐震設計, 機器配置等을 考慮한 플랜트全般의 機器設備로 擴大되었다. 제3次 改良計劃은 1981年부터 5個年計劃으로 原子炉本体를 對象으로한 Mitsubishi 社의 APWR (Advanced PWR) 開發을 進行中인데 이 프로젝트에는 美國의 Westinghouse 社와 Bechtel 社도 參與하고있다. 또한 APWR의 標準設計 作業도 遂行中이다.

3) 美國

전술한 바와같이 NRC의 標準化計劃에는 네가지의 類型이 있고 原子力關聯 電力會社, 主機器業體, 엔지니어링會社 및 建設會社 등이 多數있어 標準化範圍 및 內容이 多様하다. 代表的인 標準化事例로는 5個 電力會社가 4個의 敷地에 Standard - Power Block을 設計하는 SNUPPS Project를 들 수 있는데, 本 Project에서 NSSS는 PWR로 Westinghouse 社가 TG는 G/E, Engineering은 Bechtel 그리고 事業管理는 Nuclear Projects Inc.가 맡아 推進하고 있으며 約10%의 費用 節減이 기대된다고 한다.

以上的 나라 이외에도 標準化 범위 및 方式은 다르나 캐나다, 스웨덴, 서독, 스페인 등도 그 나름대로의 標準設計를 研究 또는 活用하고 있다.

5 韓國電力技術의 設計標準化特色

韓國電力技術標準化 事業의 方式은 위에서 거론한 NRC의 네가지 標準化類型中 Reference System方

式에다 Duplication 方式을 加味시킨 折衷式이라고 말할 수 있다.

Reference System 方式에서는 2 個以上の 主機器 모형을 選定하여 이들 主機器의 設計特性에 따른 interface requirements를 反映하여 이를 滿足시키는 여러 形態의 BOP 設計中 最適設計를 行하고자 하는 바, 主機器의 影響을 받는 BOP 部分은 主機器에 따라 各기 設計하고, 그렇지 않은 BOP 部分은 어느 主機器에나 同一하게 設計하고자 한다.

韓國電力技術이 BOP 標準設計를 하기위해 2 個以上の 主機器業체를 採하는 理由는 自体建設財源調達 能力의 未備로 어느 特定 主機器를 選定하기 困難한 現實的인 問題때문이나, 이는 韓電으로 하여금 主機器·供給者 選定時 選擇의 裁量權을 주는 利點도 있다.

BOP 設計는 各A/E社마다 다르나 主機器의 interface Criteria를 滿足시키기 爲해 設計變數(壓力, 流量等)를 調整함으로써 一般적으로 어느 PWR에 도 適用할 수 있다.

Duplication 方法에서는 SNUPPS Project에서 처럼 特定 多數敷地(既存 및 豫想敷地)에다 同一設計를 適用시키기 위해 敷地特性值의 envelope를 求解 가장 보수적인 數值를 設計入力로 주고자 한다.

특히 本標準化 設計範圍에는 安全性에 關聯되지 않은 系統 및 建物도 包含되므로 美國 A/E社의 BOP-SSAR보다 廣範圍하다.

그러나 가장 큰 特色은 本 標準化事業과 美國A/E社 間의 標準化 接近方式이 本質적으로 相異하다는 點이다.

美國 A/E社에서는 實際로 原子力發電所를 設計, 建設하여 蓄積된 經驗과 不斷한 研究開發을 土臺로 Generic Design을 만들고 이를 upgrading 시켜 後續 發電所를 建設하는데 비해, 우리 方式은 外國會社가 設計한 發電所를 turn-key로 들여와 이를 設計, 稼動해 보고 여기에서 發生된 問題點이나 國內 製作 能力等 國內條件을 反映 redesign하여 우리 實情에 맞는 韓國型發電所를 建設하려고 하는 것으로, 産業 技術의 進歩라는 側面에서 볼때 逆設計方式을 取한다는 點이다.

### ㉔ 韓國電力技術의 標準化範圍

技術用役會社로서 韓國電力技術의 一次 標準化 範圍는 原子力發電所 Power Block 內의 모든 設備中 主機器인 NSSS 및 TG와 敷地條件에 影響을 받는

設備를 除外한 BOP 部分의 系統 및 建物들의 設計 이다.

一般적으로 系統 및 建物들의 標準化 設計 程度는 敷地, 機器供給源 등에 따라 달라진다. 敷地條件이 決定되어야만 設計할 수 있는, 따라서 標準化 範圍가 아닌 設備에는 Circulating Water System, Switchyard, Water Treatment System, Administration Building 等을 들 수 있다.

主機器 設計는 導入이 豫想되는 世界有數의 PWR NSSS 供給者를 選定하여 實證되고 信賴性있는 또한 規格화된 主機器의 設計를 그대로 活用하고자 한다.

主機器 設計標準化에 앞서 BOP 部分부터 먼저 標準化하려는 理由는 標準化的 利點을 現 與件에서 早速히 最大限 活用하고자 하는데 있다.

日本 Mitsubishi 社의 APWR 改發처럼 機器製作業체나 研究所에서 韓國型 標準爐 開發을 하기 爲해서는 高度의 技術 및 蓄積된 經驗, 막대한 R & D 經費 및 期間 등이 所要되는 바 韓國型 標準爐의 完成時까지는 特定 主機器業체의 設計를 일단 그대로 導入하여 이에 副應되는 BOP 部分의 設計를 標準化하고자 하는 것이다.

BOP 設計는 國內 技術蓄積이 잘 되어 있어 技術 自立度가 높으므로 BOP 設計 標準化는 主機器에 비해 比較的 容易하며 또한 主機器에 關連된 A/E 業務는 發電所 設計費의 約 10%를 占有하나 BOP 關連의 A/E 業務는 全体設計費의 約 90%를 차지하는 바, BOP 設計를 標準化함으로써 發電所設計費의 大幅의 節減을 期할 수 있다.

### ㉕ 韓國電力技術의 標準設計의 技術方向

標準設計化 作業을 遂行함에 있어서 重點적으로 다루어야 할 技術力向을 다음과 같이 選定하였다.

- Modulization의 拡大
- 標準設計를 可能한한 Module 中心으로 發展시켜 國産化 作業을 좀더 容易하게 하고 工期短縮 및 補修作業에 利點을 갖도록 한다.
- Diagnostic System의 改良
- 發電所의 安全性과 信賴性을 높이기 위하여 各種 Diagnostic System을 改良하고 새로 導入될 Preventive Maintenance가 可能토록 한다.
- 廢棄物 發生의 最大抑制

\* U.S. office of Technology Assessment 의 「표준원자력 발전소」 연구보고서 인용

Low Level 廢棄物의 發生이 最小가 되도록 한다.

• Human Factors Engineering의 活用

人間工學問題를 分析하여 設計를 運轉 補修가 容易하도록 한다.

○Heat Rate의 改善

熱力學的으로 經濟性을 높여서 에너지당 發電量을 높이도록 한다.

○設計變更의 容易

必要에 따라 生길 수 있는 設計變更이 거의 自動的으로 遂行될 수 있도록 CADD 및 電算 解析 方法을 活用한다.

○標準化 設計範圍의 擴大

第1次 標準設計에 이어서 行할 後續 標準化 設計 作業은 그範圍가 擴大될 것인바 이를 勘案한 基礎 作業속에서 1次 標準設計 作業을 修正한다.

○投資의 保護

原子力發電所는 막대한 投資를 要하는 만큼 安全性과 信賴性 以外에도 投資價値를 保護 해야한다. 標準設計는 投資價値保護를 極大化 할 수 있어야 한다는 概念으로 遂行될 것이다.

새로운 發見이나 發明을 要하는 것보다도 좀더 注意깊고 操心스러운 作業을 함으로서 얻을 수 있는 利點이 많다는 데에 着眼을 하고 있는 以上の 技

術方向은 앞으로의 原子力發電所 設計 및 建設 作業에 있어서 技術革新을 가져 오리라고 믿는다.

### ㉔ 맺는말

以上으로써 原子力發電所 設計標準化 事業의 根本 趣旨와 韓國電力技術의 推進方案 等 標準化의 大綱을 記述하였다.

事業의 成功的 遂行을 위하여 必要한 몇 가지 要素들을 마지막으로 列擧하고자 한다.

1) 標準化事業이 本格化 될 경우, 그 波及效果가 國內 原子力産業界에 미치는 影響이 매우 클 것인바 原子力有關 機關들의 緊密한 協力體制가 必要하다.

2) 政府의 國內 認許可基準 確立, 認許可業務 標準化, R & D資金 支援이 必要하다.

3) 本 標準化 事業이 進行됨에 따라, 本 標準設計를 따르는 機器設計 및 機資材 國産化가 이루어져야 되며 또한 運轉 및 補修의 標準化 推進도 要請된다.

4) 1次 標準設計를 이을 廣範圍한 標準設計를 위하여 機器製作業體와 研究機關들의 韓國型標準爐의 研究開發, 安全解析技法의 確立, 製作의 標準化 等の 推進이 뒤따라야 할 것이다.