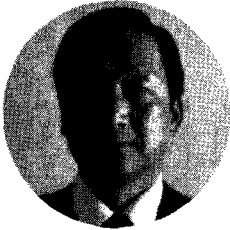


原子力9·10號機 建設現況 및 經驗

*KNU 9 & 10 Construction Status and Experience in
Unique Feature of French Design Nuclear Power Plant*



許 淑

〈韓國電力公社 蔚珍原子力建設事務所長〉

1. 緒 論

江原道와의 道界와 연한 慶尙北道 蔚珍郡 北面의 한적한 東海岸의 漁村이던 富邱里에 우리나라에서 네번째로 原子力發電所의 建設이 시작된 이래 어언 4年餘의 세월이 흘렀다. 그동안 工事は 構造物工事が 막바지에 이르러 原子爐 格納建物 및 補助建物 등이 모습을 드러내고今年 上半期부터는 原子力9號機의 機電設置工事が 本格化할 時點에 이르렀다.

建設初期의 여러가지 어려운 일을 建設從事者 전원의 一致된 努力으로 극복하여 오늘에 이른 것이 대견스럽기도 하지만 앞으로 남은 工事が 더 힘들고 어려운 工事라는 點에서 다시금 새로운 覺悟를 다진다.

앞으로 우리가 가야할 더 길고 어려운 길을 생각하면 지금 時點에서 原子力9·10號機의 建設經驗을 論하기는 조금 이른 感이 없지 않으나, 우리나라에 最初로 導入된 프랑스型 原子力發電所라는 點에서는 建設初期에서의 여러가지 어려운점 또는 既往에 導入된 美國型 原子力發電所와의 차이점 등은 吟味해 볼만한 것이며 아울러 原子力9·10號機의 建設現況을 紹介하여 우리 蔚珍原子力發電所가 成功的으로 建

設되도록 先輩諸賢들의 助言을 받기위한 機會로 삼고자 함에 그 뜻이 있다.

2. 原子力9·10號機 建設現況

가. 事業概要

原子力9·10號機(蔚珍原子力)는 2차에 걸친 油類波動을 겪는 동안 政府와 韓電이 強力히 推進해온 脫油電源開發計劃의 일환으로 長期的으로 安定되고 값싼 良質의 電氣를 確保하기 위하여 推進되었다. 計劃當時 우리나라의 1988년 및 1989년도의 最大電力需要는 各各 12,794MW 및 14,014MW로 推定되어 原子力9·10 號機는 950MW級 2基를 同時에 推進하여 1988年 및 1989年에 順次的으로 商業運轉에 들어가도록 計劃되었다.

發電所敷地로는 古里, 月城, 靈光에 이어 네번째로 慶北 蔚珍郡 北面 富邱里가 選定되었는데, 현재 建設중인 2基 外에 後續4基를 受容할 수 있도록 整地되었다. 原子爐型은 우리나라에 導入된 原子爐의 大宗을 이루는 加壓輕水爐(PWR)이나 全體的인 發電所設計는 프랑스에서 이루어진 프랑스型 原子力發電所이다. 따라서 主機器 設計 및 供給者는 프랑스의 FRAMAT-

OME社(1次系統), Alsthom-Atlantique社(2次系統) 등이 選定되었고 全體的인 事業管理는 事業者主導型으로서 韓電이 責任을 지고 있다.

原子力9·10號機가 計劃대로 竣工되면 年間 125億kWh의 電力을 供給하게 되어 安定된 電力供給을 통한 産業發展에 기여하게 될 것이다. 原子力9·10號機 事業概要는 別表와 같다.

나. 建設工程現況

原子力9·10號機는 78年7月 第33次 經濟長官會議에서 現 敷地를 立地로 選定한 이래 2年餘에 걸친 地質調査 및 用地買收 등을 거쳐 81年 1月初부터 敷地整地를 着手함으로써 始作되었다.

한편으로는 프랑스側과 機資材供給契約을 推進, 80年11月에는 FRAMATOME社와 1次系統, 82年2月에는 Alsthom-Atlantique社와 2次系統의 供給契約을 締結하고 83年3月 東亞建設産業(株)과 主設備 構造物施工契約을 맺어 發電所本館建物の 基礎掘鑿工事を 着手하였다.

政府(科技處)로 부터의 建設許可도 81年6月 敷地使用妥當性報告書 承認에 이어 83年1月25日에 正식으로 發給되어 83年1月26日 原子爐格納建物 基礎콘크리트 打設工事が 始作되어 構造物工事が 本格化되었다.

그런데 工事が 始作된 후 처음으로 부딪친 難問題가 敷地の 精密地質調査結果로 인한 土性係數(Soil Modulus)의 變更과 이에 따른 契約者設計業務의 遲延이었다. FRAMATOME社는 土性係數가 變更되어 이미 進行된 原子力 發電所의 安全性에 관련된 構造物 및 機器의 耐震設計 등을 再檢討 및 設計變更이 不可避하게 되었다. 따라서 現場施工圖面 및 資料 등의 供給이 늦어져 構造物工事は 큰 打擊을 입었으며 初期에 工期遲延을 招來한 主要原因이 되었다.

그러나 土性係數問題가 解決되고 設計業務가 正常化되면서 84年度에는 構造物工事的 進陞이 눈에 띄게 빨라져 工期挽回에 극히 懷疑的이던 契約者側을 놀라게 하였다. 이러한 成果는 工

〈表〉 原子力9·10號機 事業概要

1. 위치 : 경북 울진군 북면 부구리
2. 원자로형 : 가압경수형 원자로(PWR : PRESSURIZED WATER REACTOR)
3. 시설용량 : 950MW×2기
4. 부지조성 : 112만평(6기 수용가능)
5. 공기 : #9 '81. 1-'88. 9
#10 '81. 1-'89. 9
6. 공사비 : 약 2조4천억원(3억4천만불)
7. 건설단가 : 1,680\$/KW
8. 주기기공급자 및 A/E
○1차측 : 프랑스 FRAMATOME 사
○2차측 : 프랑스 ALSTHOM-ATLANTIQUE 사
9. 사업관리자문용역 : 미 EBASCO 사
10. 시공자 : 토건공사—동아건설산업(주)
기전공사—한국중공업(주)

期短縮을 위해 事前組立, 並行作業範圍擴大 등 끊임없이 工法改善을 위해 노력한 技術陣과 까다로운 프랑스技術基準 등에 차츰 익혀진 作業者들의 作業能率向上에 힘입은 바 크다.

(1) 格納容器鐵板(CLP : Containment Steel Liner Plate) 設置方法 改善

原子爐格納容器는 Steel Liner Plate의 부에 철근콘크리트를 打設하여 壓力容器를 구성하게 되는데, 이 Steel Liner Plate(CLP)의 組立設置方法을 先行號機의 經驗을 살려 이를 改善하여 工期를 短縮시킨 事例이다.

CLP는 12段의 RING과 Dome Plate로 구성되며 RING은 11개의 Piece Plate로 구성된다. 당초 設計者는 CLP設置時 각 Piece Plate를 하나씩 들어올려 현장에서 鎔接하는 方法으로 設計하여 모든 圖面과 示方書 등이 이런 概念으로 작성되었다.

우리 기술진은 이를 地上에서 Piece Plate를 RING으로 組立, 鎔接을 끝낸후, 設置時는 그 아랫段 RING과의 水平方向鎔接만을 하는 工法

으로 變更하였는 바, 이로 인한 效果로는 垂直 方向 鎔接은 地上에서 하므로 鎔接 및 非破壞 檢査가 容易해지고 時間도 短縮되며 아랫段 設置 作業時 윗段의 地上組立作業으로 並列施工이 가능해져 絶對工期 短縮이 가능해진 것이다.

施工方法을 RING Type으로 바꾸기 위해 契約者측의 우려를 무릅쓰고 引揚시 變型防止를 위한 補強材, Lifting Lug 등의 設計, 引揚方法 등에 대한 多角的인 技術檢討가 現場技術陣에 의해 이루어졌음은 물론이다. 이러한 노력의 결과로 原子爐格納建物壁體의 完成을 당초의 目標工期 보다도 앞당겨 이룩하고 POLAR CRANE을 84年度內에 上樑할 수 있었다

(2) Turbine Table 콘크리트 打設

터빈건물내에 터빈 및 發電機가 設置되는 Turbine Table은 가로63M, 세로17M, 높이4M에 이르는 鐵筋콘크리트구조물로서 철근조립 231 Ton, 매설철물 1,230개, 콘크리트타설량 2,000M³에 이른다. 당초 계약자는 84年內 타설이 힘들다고 展望했으나, 우리 기술진은 거푸집設置, 鐵筋組立, 埋設鐵物設置 등의 作業을 地域別로 重疊施工함으로써 계약자가 提示한 工期보다 2달반이나 빨리 끝마칠 수 있었다.

Cold Joint가 없이 연속으로 시행하여야 하는 콘크리트타설도 당초 계약자가 제시한 방법인 한쪽에서 타설을 시작하여 72시간 연속타설하는 방법에서 양쪽에서 동시타설하여 중간에서 만나는 방법으로 바꾸어 Cold Joint없이 31시간만에 끝낼 수 있었다.

이렇듯 84년도는 現場工事が 活性化되어 初期에 발생된 工期遲延을 일부 挽回할 수 있는 가능성을 보여준 해였으며 또한 후속 機電工事を 위해 84年11月 韓國重工業(株)과 主設備 機電設置工事契約을 締結하는 등 機電工事準備業務에 힘쓴 해였다.

85年1月末 現在 工程率은 38.8%로서 計劃對 備 97.7%의 實績率을 보이고 있다. 85年度는

原子爐, 蒸氣發生器 設置를 筆頭로 機電設置工事が 본격화되는 중요한 해로서 우리 建設從事員 모두는 今年 한해도 目標達成을 위해 더욱 努力할 것을 다짐하고 있다.

3. 建設推進上的 特記事項

가. 建設管理上的 隘路點

原子力9·10號機의 事業管理型態은 原子力5·6號機부터 韓電이 採擇해온 事業者主導型(Non-Turn Key)方式이다. 같은 事業者主導型이라도 古里나 靈光Project에서는 韓電이 美國의 專門技術用役業體인 Bechtel社를 A/E로 雇用하여 事業管理를 하고 있는데 비해 原子力9·10號機에서는 Island Base契約型態로서 主機器供給者인 FRAMATOME社 및 Alsthom-Atlantique社가 각각 該當分野인 NI(Nuclear Island)側과 CI(Conventional Island)側의 A/E役割을 맡고, 韓電側은 其他分部(Out Side Power Block)에 대한 A/E業務와 함께 전체 事業管理를 맡고 있다.

A/E役割이 契約當事者間에 分割됨에 따라 韓電이 全體 Engineering을 統合하는 機能을 수행하여야 하며 NI와 CI간의 干涉, 責任範圍 模糊로 인한 設計, 購買의 漏落分 發生 등에 신경을 쓰지 않으면 안된다. 더구나 Bechtel社 같은 專門用役業體는 Historical Data 등 많은 資料를 保有하고 있어 폭넓은 支援을 받을 수 있으나, 프랑스 계약자들은 全體的인 事業管理의 經驗이 不足하여 先行號機에 비해 充分한 事業管理諮問을 받을 수 없는 것도 不利한 점이다.

이러한 어려움은 現場 建設管理에도 영향을 미쳐 각기 다른 A/E에 의해 다르게 提供되는 資料 및 管理技法 등을 統合管理하는데 따르는 어려움, Historical Data 등의 不足으로 인한 工程, 工事費管理 등의 어려움, Cabling, I&C 등 1, 2次系統이 서로 干涉, 連結되는 부분에 대한 施工管理 등의 어려움이 따르고 있다.

또 하나 現場에서의 建設管理上 어려운 點은

施工業者에 관한 問題이다. 현재 土建工事는 東亞建設産業(株)이 맡고 있고, 機電工事는 韓國重工業(株)이 맡고 있으며, 機電工事중 2次側은 東亞建設産業(株)이 施工하고 있다. 우선 두 契約者가 過去 어느 原子力事業에서도 9·10號機에서의 供給範圍와 類似한 役割을 수행한 經驗이 없으므로 差跌없는 工事遂行을 위하여는 보다 徹底한 事前準備와 點檢을 必要로 하고 때에 따라 프랑스측에서 過多한 技術支援費用을 요구하는 구실이 되기도 한다.

또한 同一地域의 土建工事 및 機電工事의 契約者가 서로 다른 경우는 처음으로 工基遲延時 責任限界, 工種이 다른 作業間의 先後 및 干涉關係, 再施工, 再作業 등에 따른 責任限界 등 여러가지 契約管理上 어려움이 豫想되어 現場에서는 韓電을 主軸으로 合同工事管理班(IMT: Integrated Management Team)을 構成, 運營하여 問題點 事前解決에 最善을 다하고 있다.

나. 現場施工上の 어려움

프랑스型 原子力發電所는 美國에서 導入한 原子力發電所와는 달리 原子爐補助建物을 2基가 共有하는 型이다. 따라서 發電所本館建設이 차지하는 面積이 國內 他 原子力發電所보다 적고, 전체적으로 密集되어 있다. 또한 構造物도 物量이 적은 대신 構造가 複雜하고 施工方法이 까다롭다. 예를 들면, 鐵筋콘크리트壁體의 경우 古里, 靈光보다 두께가 얇아(原子爐格納建物 外壁두께: 原子爐9·10號機→90cm, 古里, 靈光→120cm) 物量은 작으나, 鐵筋組立시 壁體의 斷面方向으로 鐵筋과 鐵筋사이를 다시 鐵筋(P-IN BAR라함)으로 엮는 組立方法을 쓰기 때문에 作業이 어렵게 되는 것 등이다.

이러한 設計는 設置物量이 적은 利點이 있으나, 複雜한 構造로 構造物 建造에 시간이 많이 걸리고 作業空間의 狹少로 한 作業區域에서 여러가지 서로 다른 工種의 일을 進行할때 干涉現象 등으로 能率이 떨어지기 쉽다. 따라서 각

作業間에 先後關係, 優先順位 등 效率인 作業計劃의 樹立이 무엇보다도 重要하며 특히 工期短縮을 위한 促進作業시에 그 重要性이 더하다.

또 하나 중요한 차이점은 原子力發電所의 設計, 機器製作, 現場施工에 適用되는 프랑스의 技術基準이 훨씬 더 嚴格하다는 점이다.

美國의 ASME, IEEE 등에 對應하는 佛蘭西 技術基準으로 RCC(Design and Construction Rules for 900MWe Nuclear Power Plants)Series가 있는데, 일반적으로 ASME나 IEEE보다 基準이 嚴格하고 까다로와 國産化 機器製作은 물론 現場施工에서도 많은 어려움을 겪고 있다. 實例로 原子爐格納容器鐵板의 銲接缺陷을 調査하기 위한 放射線透過寫眞을 判讀함에 있어 銲接缺陷중 제일 큰 比重을 차지하는 Gas Porosity와 Slag Inclusion에 대하여 調査한 바, RCC Code를 適用한 設計會社의 判讀基準에 따라 不合格된 필름 131枚를 ASME의 該當基準에 따라 再判讀한 結果 101枚(77.1%)가 合格으로 判定될 수 있음을 보여주었다.

이러한 設計概念은 物量의 減少를 嚴格한 品質管理로 補償하려는 것 외에도 必要한 安全餘裕度를 미리 充分히 確保하여 追加安全設備 등 設計標準化를 阻害하는 要素를 除去하기 위한 것으로 思料된다. 그러나 現場施工面에서는 投入人力의 增加 및 工期遲延의 要因으로 作用한다.

이밖에 現場施工에서 先行號機와 다른 工法, 또는 같은 設備도 設計上 差異 등은 재미있는 現狀이며 相互補完的인 措置가 必要하리라 본다. 예를 들면, 原子爐格納建物の Dome Liner Plate設置의 경우 先行號機에서는 上下 2段으로 나누어 引揚되는데 비해 左右 2개로 兩分되어 引揚, 設置되었고, POLAR CRANE의 경우 Dome Liner面을 따라 Access Ladder가 設置되어 있어 Dome의 Access가 쉽도록 設計된 것이 古里, 靈光과 다르다.

프랑스技術陣과 같이 일하면서 생기는 問題

點의 하나는 言語의 疏通問題이다. 물론, 現場에 派遣되는 技術陣들은 英語를 하지만 우리와 마찬가지로 外國語로써 말을 하는 것이기 때문에 때때로 意思疏通이 圓滑하지 못할 때가 있다. 더구나 海外訓練의 경우 佛語를 모르면 現場教育(OJT)의 成果를 거둘 수 없어 派遣前 장기간에 걸친 語學訓練을 別途로 施行하였으며 拾得資料도 佛語版이 많아 效果의活用이 어렵다.

다. 國產化 推進現況 및 問題點

原子力9·10號機의 國產化率은 目標를 41.5%로 잡고 FRAMATOME, Alsthom-Atlantique社와의 契約時 國產化 促進을 위한 條項을 插入하였다.

NI側은 FRAMATOME社가 韓重을 製作者로 하여 國產化計劃書를 韓電에 提出하고 이에 따라 確定된 國產化 品目を 契約金額의 增加없이 FRAMATOME社가 供給責任을 지도록 되었다. FRAMATOME社는 이 國產化 品目에 대하여 韓重과 別途로 契約를 締結하여 1次系統의 主要機資材는 韓重 昌原工場에서 納品케 되었다. 2次側은 契約 당시 韓重製作分 國產化 品目を 確定하여 契約書에 反映하였으며, 非韓重品目에 대하여는 FAS參考價를 契約書에 反映, 國產化決定時 國產化業體 提示價格과의 差額(超過分)은 韓電이 補償하여 주는 條件으로 國產化를 하도록 하였다.

現在 國產化率은 總 40.15%에 이를 것으로 보이는데, 當初 目標에는 약간 못미치나 原子力發電所中 가장 높은 國產化率이다.

機器國產化에도 똑 같은 어려움으로 指摘된 것이 프랑스의 技術基準適用問題였다. 國內業體가 대부분 ASME 등과 같은 基準을 適用하고 익숙해져 있으나, 프랑스의 RCC Code에는 익숙치 못할 뿐더러 더 까다롭고 嚴格하기 때문에 製作上 많은 어려움을 겪고 別途로 프랑스 會社들과 技術導入契約를 맺어 Specialist 등을 불러오지 않으면 안되었다. 이런 問題點은 앞

으로 機器의 現場設置時에도 豫想되는 일임은 이미 言及한 바 있다.

4. 結 論

原子力9·10號機는 가장 最近에 시작된 原子力建設事業이나 처음 導入되는 프랑스型 發電所라는 점에서 先行號機의 經驗이나 技術蓄積이 그대로 利用되지 못하는 핸디캡이 있다. 앞으로 더 어려운 契約的인 또는 技術的인 問題들이 豫想되나, 지금까지 해온 努力을 倍加하여 어려운 問題들을 解決함으로써 原子力9·10號機를 計劃된 工期内 竣工을 위하여 總力を 기울이도록 하겠다.

原子力9·10號機를 하면서 느낀 것은 우리도 프랑스와 같이 하루빨리 原子力發電所設計의 標準化를 이룩하여야겠다는 것이다. 프랑스는 原子力發電所設計의 標準化를 이룩한 模範國으로서 1970년부터 1979년까지 900MW級 PWR만을 32基 發注하고, 機器供給者도 專門品目別로 單一化하였으며 1976년부터는 1,300MW級の 標準化를 始作했다.

이런 標準化의 成功으로 建設期間이 當初 75~78個月이던 것이 最近에는 60~65個月로 短縮되었으며 機資材의 品質向上, 엔지니어링費用節減 등으로 工事費가 節減되는 效果를 가져왔다. 또한 賦存에너지가 적은 프랑스에서는 準에너지開發이라는 次元에서 原子力發電所의 建設을 推進해 왔으므로 現在 많은 電力을 隣接國에 輸出하고 있는 實情이다.

技術水準의 向上方案이나 工事費의 適期調達 등 많은 問題點이 豫想되지만, 우리도 標準化된 設計에 의해 推進함으로써 設計의 國產化 效果外에 機資材의 國產化 및 品質向上을 促進하고 工期를 短縮시킬 수 있어 安全하고 信賴性 있는 原子力發電所를 低廉한 價格으로 建設함으로써 良質의 電氣를 값싸게 供給, 産業發展에 寄與할 수 있기를 期待한다.