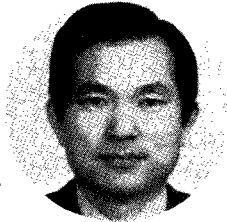


# 原電의 建設現況 및 經驗

The Status and Experience of KNU5-6 & 7-8 Construction



吳 璟 萬

〈現代建設(株) 理事〉

우리나라의 原子力發電所 建設은 우리 經濟의 高度成長에 따른 급속한 에너지需要 增加에 대처하고 또한 脫石油에너지政策의 일환으로, 1971년3월 古里原子力 1號機 建設을 着手함으로서 시작되었다. 現代는 이미 1960년대 초반에 火力發電所 建設에 參與한 이래 그 能力을 國內外的으로 認定받은 바 있으나, 그當時로서는 벤처비즈니스에 가까울 정도로 RISK가 많은 建設分野임에도 經營陣의 과감한 기업판단에 國內 최초의 原子力發電所인 古里1號機부터 參與하여 建設工事を 成功的으로 수행함으로써 原電建設의 貴重한 經驗을 획득하게 되었고, 뒤를 이어 2號機부터 現在 建設中에 있는 8號機까지 原電建設에 積極 參與하고 있다.

이미 알려진대로 古里1·2號機 및 月城의 3號機 등 3기는 '78년과 '83년도에 完工되어 總 191萬5千KW(施設容量基準)의 電力을 生産할 수 있게 되었으며, 古里5號機는 今年 1月1日 이미 초임계상태에 도달함으로서 本格的인 商業稼動을 目前에 두고 있고, 6號機는 12月을 竣工目標로 各 機器의 性能試驗이 한창이다. 또한 靈光7·8號機도 '86년과 '87년도를 竣工目標로 工事を 순조롭게 進行하고 있다.

이와 같이 原子力發電所 建設分野에 10여년

이상 參與해오면서 그동안 남다른 技術蓄積을 이룩해온 오늘날의 現代이지만, 최초의 原電인 古里1號機에 參與할 當時만 하더라도 술한 난관에 정면도전하면서 技術的인 隘路를 극복했어야 했다. 이는 原子力發電所의 安全性確保를 위한 精密施工과 엄격한 品質保證制度 등 原子力發電所의 特性에 基因한 것이었다.

즉, 原電建設은 一般火力發電所 建設과는 달리 信賴性和 安全性確保를 위하여 모든 施工分野에서 規制條件이 매우 엄격하고 規程에 따르는 品質管理活動을 바탕으로 하고 있다. 建設에 投入되는 技能工은 節次에 따른 資格證을 保有하여야 하고 모든 工事は 반드시 作業節次書의 原則과 順序대로 施工되어야 하며 品質管理 節次에 따른 檢査를 받아야 한다. 또한 投入된 機資材는 適合한 資材인지 確認해야 하고 또한 追跡이 可能하여야 하며, 모든 過程과 結果가 書類化되어야 하는 등 一般플랜트 工事와는 比較가 안될 정도로 복잡하다.

이 때문에 原電建設 初期에는 關聯 國內技術陣의 미숙으로 外國技術陣의 全的인 責任下에 턴키베이스로 建設이 推進되었다. 古里1號機의 경우 設計, 機資材供給은 물론 施工節次書作成, 施工監督, 工程管理, 品質保證活動 등 거의 모

든 分野에 걸쳐 外國技術陣에 의존하였다. 그러나 原電建設自立化施策과 더불어 그동안 전수 받은 技術을 蓄積, 活用하여 古里2號機와 月城의 3號機부터는 단순技術供給의 단계를 벗어나 現場設計와 品質管理 및 技術管理 일부 등이 現代技術陣에 의해 수행되었으며, 古里5·6號機에 이르러서는 國內事業者主導形으로 거의 대부분의 建設施工을 現代技術陣 責任下에 수행하여 建設技術을 自立할 수 있는 단계로 發展시켜 나가게 되었던 것이다.

原電建設에 關聯되는 重要한 分野는 土工工事, 機械 및 電氣工事 등이 포함되는 施工分野와 工事管理의 지표를 마련해주는 工程管理 및 信賴性과 安全性을 높이기 위한 品質管理分野를 들 수 있다. 다음은 當社가 수행한 各分野別 主要 工事現況을 간략하게 소개한다.

### 1. 土工工事部門

原子力 發電所 建設中 土工工事라 함은 土工事(Earth Work)와 構造物工事(Structural Work)로 大別된다. 土工事의 경우 設計, 施工, 監理 등이 순수한 國內技術陣에 의해 進行되고 있으므로 여기서는 構造物工事로 그 범위를 축소시켜 언급한다.

現在 施工中인 古里5·6號機 및 靈光7·8號機는 대부분 當社技術陣에 의해 工事が 수행되었으며, 특히 原子爐建物工事의 경우 그 設計가 ASME Code Sec. III Div. II에 의거한 高度의 精密한 施工 및 品質管理를 要求하는 난이한 工事임에도 불구하고, Slip-form 및 Jump-form 등 新工法을 도입, 주어진 工期內에 工事を 수행하였다.

#### 가. 콘크리트工事

構造物의 核은 콘크리트工事이다. 콘크리트는 輕量, 一般, 重量 콘크리트로 나누어지며 構造物用으로는 一般콘크리트가 使用된다. 一般콘크리트도 表1에서 보는 바와 같이 28일 강도가 6

〈表1〉 骨造用콘크리트

發電所名	發電容量	콘크리트수량	최고28일강도
古里 1 호기	585MW	80,000 M <sup>3</sup>	4,000psi
古理 2 호기	650MW	120,000 "	5,000 "
月城 3 호기	650MW	100,000 "	5,000 "
古理5·6호기	950MW×2	400,000 "	6,000 "
靈光7·8호기	950MW×2	400,000 "	6,000 "
일반건물	—	—	2,500-3,000 "

ㄱpsi에 달한다. 특히 높은 放射性區域인 補助建物の 일부지역은 一般골재 대신에 철광석을 使用한 重量콘크리트로 타설하여야 한다.

콘크리트타설량에 있어서는 古里5·6號機 및 靈光7·8號機의 경우 總량이 52萬8ㄱCY에 달하며 最大타설의 경우 1블럭의 콘크리트가 3ㄱ~6ㄱCY(原子爐建物基礎)로 一般構造物工事に 使用되는 裝備 및 技術管理로는 工事進行이 不可能하였다. 따라서 古里5·6號機에서는 工法을 개선하여 NRMCA(National Ready Mixed Concrete Association)의 규정에 의해 性能이 確認된 200CY/Hr 生産容量의 배치플랜트, 콘크리트타설장비로는 80CY/Hr의 콘크리트펌프카 및 150CY/Hr의 크레터크레인 등 高性能裝備를 使用하였다.

多量の 콘크리트를 타설할 때(콘크리트 두께 6피트 이상)에는 外氣溫度 30℃ 이상의 여름에는 콘크리트의 溫度를 10℃ 이하로 유지시켜야하므로 아이스플랜트(Ice Plant) 및 칠러플랜트(Chiller Plant)를 設置하여 1일 90톤 이상의 얼음을 生産하였다.

#### 나. 鐵筋工事

鐵筋의 경우 역시 高強度의 제품 使用이 불가피하다. 高強度의 鐵筋을 使用함에도 불구하고 높은 鐵筋比가 要求된다(表2). 따라서 精密施工의 必要性은 더욱 높아진다. 이를 위해 鐵筋加工用 Bending Machine 및 Cutting Machine 등을 使用해야하며 더우기 #18鐵筋 등 굵은 직경의 것을 加工하기 위해서는 이와같은 裝備의 使用은 불가피하다.

〈表2〉 鐵 筋

發電所名	鐵筋比(t/m <sup>3</sup> )	종 류	최대직경
古里1호기	0.11	BS4449 High Bar	45mm
古里2 "	0.165	ASTMA615 Grade 60	45 "
月城3 "	0.105+PS	"	45 "
古里5·6 "	0.143+PS	"	58 "
靈光7·8 "	0.143+PS	"	58 "
일반건물	0.1	30	—

註: PS는 프리스트레스트 콘크리트(Pre-stressed Conc. System)

한편 굵은 직경의 鐵筋이음에는 종래의 結束線方式에서 탈피하여 機械的인 接合方法(Mechanical Splicing)이 要求되었으며, 이를위해 熔接工의 資格이 認定(Qualification)되어야 했다. 表2에서 보는 바와 같이 高強度, 높은 鐵筋比, 굵은 직경의 鐵筋을 加工組立하기 위해서 종래의 인력위주 施工에서 機械使用工法으로, 現場에서 鐵筋한개씩 組立하던 方法에서 프리패브에 의한 기둥(Column) 단위별 施工 등의 工法開發을 독자적인 節次書作成에 의해 이룩하였다.

## 2. 機電工事部門

### 가. 工事수행 方式의 추이

古里1號機 建設 當時에는 턴키로 工事を 맡은 웨스팅하우스社가 工事施工의 지도·감독을 위해 英國會社(English Electric & George Wimpey)를 參與시켰으며, 當社로서는 거의 支給 받은 圖面과 사양서에 따라 外國技術陣의 엄격한 監督下에 工事を 進行하였는데, 매 工程마다 外國技術陣의 確認을 받아야 했다.

古里2號機와 月城의 3號機 建設에서는 外國技術陣의 協助下에 대부분의 現場圖面이나 施工節次書를 施工者인 現代 責任으로 作成하였고, 施工者의 責任下에 工事を 進行하되 重要工程만은 外國技術陣의 監督과 確認을 받았다

한편 古里5·6號機 및 靈光7·8號機에서는 보다 進一步한 형태로서 대부분 施工者 責任下에 工事が 이루어지고 있다. 즉, 대부분의 施工圖

面과 節次書 등을 現代가 作成하는 것은 물론이고 施工者의 研究에 따라 效率的인 工法이 決定되며, 工法에 따라 알맞는 建設裝備를 選定하는 등 우리의 責任 施工범위가 크게 넓어졌다. 이는 國內 建設技術의 정착단계로 볼 수 있으며 自立단계로 向한 進一步라고 할 수 있다. 이상과 같은 過程을 要約하면 表3과 같다.

### 나. 重要工事內容

機電工事を 工事別로 大別하면 다음과 같다.

#### a. 機械工事

- 原子爐 格納容器 組立
- 機器設置工事(Reactor, S/G, T/G, Tank 등)
- 配管工事
- 保溫 및 塗裝
- 空調設備(HVAC)
- 세척, 수압 등 各種 試驗 및 試運轉

#### b. 電氣工事

- 電線路(Race Way) 및 케이블 포설
- 電氣器機裝備 및 各種 運轉조정실(Control Board) 設置
- 照明 및 通信設備
- 屋外 送變電施設
- 器機試驗 및 試運轉

이와 같은 各種 工事中에서 특히 古里5·6號機 및 靈光7·8號機 工事に 導入한 主要 新工法 및 技術開發事項을 이용한 施工法의 改善 實例를 몇가지 들어본다.

#### ① 格納容器 組立工事

原子爐格納建設(Containment BLDG) 콘크리트 內面의 Liner Plate를 地上에서 2단 Ring (約 6m높이, 40m직경)으로 組立 600톤의 초대형 Ringer Crane으로 設置하는 工法(地上組立의 大型化)을 이용함으로써 복잡한 工程을 단순화시키고 高品質의 安全作業을 수행하였다.

#### ② 콘덴서 設置工事

原子力發電所에 設置되는 機器中 가장 부피

〈表3〉 機電工事의 品質관리 과정

항 목		古里 1 호기	古里 2 호기	月城 3 호기	古里 5·6 호기 靈光 7·8 호기
설계	기본 설계	W, Gilbert	W, Gilbert	AECL	KEPCO, Bechtel
	현장 설계	EEW, W	W, 現代	AECL, 現代	現代
시공	질차서작성	EEW, W, 現代	現代	現代	"
	설 치	現 代	"	"	"
	품질 관리	EEW, 現代	"	"	"
	품질 보증	EEW, W	W	AECL	"
	건설 장비	KEPCO, EEW	KEPCO, 現代	AECL, 現代	"
	시공 감리	W, EEW	W, 現代	"	"
기자재공급	W, EEW	W, KEPCO	AECL, 現代	KEPCO, 現代	

W: Westinghouse    EEW: English Electric & George Wimpey    KEPCO: 韓國電力

〈表4〉 原子力發電所 건설중 品質管理 주관사 비교표

항 목	古里 1 호기	古里 2 호 (月城 3 호)	古里 5·6 호기 靈光 7·8 호기
QA조직	W	W(AECL)	現代
QC조직			
건축QC	GW	現代	"
기계QC	W, 現代	"	"
전기QC	W, 現代	"	"
QA, QC 매뉴얼작성	W	"	"
QA, QC 질차서작성	W, 現代	"	"
내부품질감사(Internal Audit)	W	"	"
공급업체품질감사(Vendor Audit)	W	W(AECL), 現代	"
공급업체 자격인정(Vendor Qualification)	W	W(AECL), 現代	"
요원자격부여(Personnel Qualification)	W	W(AECL), 現代	"

가 큰 콘덴서를 5個部分(Shell 2, Transition 2, Neck 1)으로 大組立後 現場에 인도케 하고 Ringer Crane으로 조양, 假設現場에서 完全組立後, 高荷重用 Roller를 利用 Fedestal Column사이의 제위치에 設置하였다.

③ Polar Crane 設置工事

Polar Crane을 3個部分(Brige, Girder, Trolley)으로 地上에서 미리 組立한 後 600톤 Ringer Crane으로 조양, Top Dome未設置 상태인 原子爐建物천정을 통해 設置함으로써 設置時間

을 단축하였다.

④ 터빈 및 發電機 設置工事

터빈建物 100피트에 Loading Bay를 보강한後 400톤 Dolly를 利用하여 裝備를 建物内部로 運搬한 後 400톤 Lifting Device 및 터빈건물의 240톤 Overhead Crane을 利用, 設置하였다.

⑤ HVAC用 Duct 製作 및 設置

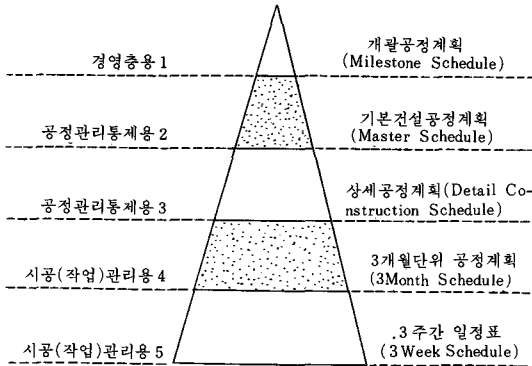
Duct用 박판의 熔接作業을 CO<sub>2</sub>熔接 및 MIG 熔接機로 施工함으로써 철판의 屈曲을 防止하고 熔接速度의 能率을 向上하였으며 品質의 均일화를 이룩했다.

上記事項外에도 技術開發事項으로서 現場業務의 電算化를 꾸준히 推進하여 效率의인 工事管理 및 文書管理는 물론 특히 가장 복잡한 配管業務에서 資材入庫狀況, 工事진척現況 등을 適期에 파악함으로써 效率的인 工事管理를 이룩하였다.

3. 工程管理部門

工程管理란 廣義로는 工事遂行을 支援하는 ゼネラル管理活動(Construction Management)을 意味하고, 狹義로는 이중 특히 工程計劃 및 分析活動과 적절한 대책수립活動(Construction Planning & Scheduling)을 意味한다. 따라서 工程計劃은 프로젝트에 따라 그 명칭은 다르지만 보통 詳細度에 따라 4~5個의 水準으로 나누어진다(그림1).

〈그림1〉 공정계획의 수준



Milestone SCH.은全體工事中 重要한 作業活動들을 알기 쉽도록 要約한 工程計劃이며, 다음 단계의 Master SCH.은全體工事 즉 엔지니어링에서부터 資材構買, 施工, 性能試驗 및 試運轉에 이르기까지의 主要內容을 모두 포함하는 工程計劃이다. 이를 바탕으로 보다 낮은水準의 詳細한 工程計劃을 차례로 作成하게 된다. 一般的으로 Level 2, 3 SCH.은 電算處理 되는 것이 보통이며, Level 1, 4, 5 SCH.은 手作業으로 作成된다.

古里5·6號機 및 靈光7·8號機 工事に 있어서는 發注處인 韓國電力이 백텔社를 活用하여 全般的인 Level 1, 2의 工程計劃을 担當하고, 施工者인 當社가 Level 3의 工程計劃을 자체작성, 電算處理하고 있으며, 이를 토대로 하여 Level 4, 5의 工程計劃을 作成, 施工에 活用하고 있다.

#### 4. 品質管理部門

品質管理活動은 原電建設에 있어서 필수불가결한 것이며, 品質要件도 規定이나 標準 등으로 정해져 있어서 그대로 따르지 않으면 建設自體가 許諾되지 않는 強制規定인 것이다.

우리나라에 있어서 品質管理 방침은 美國의 品質保證要件의 基本인 10CFR 50 App.B를 따르고 있으며, 古里1號機 建設時는 外國技術陣이 品質保證의 重要活動을 맡고 있었으며, 우리는 그들의 責任下에 극히 좁은 分野의 品質管

理를 遂行할 뿐이었다. 그러나 古里2號機, 月城의 3號機부터는 우리의 活動영역을 점차 넓혀나갔으며, 國內 研究機關에의 위탁教育, 海外研修教育 및 社內教育訓練을 통한 努力의 結果로 古里5·6號機 建設부터는 거의 自體的으로 QA/QC活動班을 組織하여 品質保證, 品質管理 活動을 遂行하고 있다(表4).

즉, QA/QC Manual 및 Procedure를 제정하고 機資材 供給者 資格認定(Vendor Qualification), 内外部 品質監査(Audit)實施 등 대부분 現代技術陣으로 이루어지고 있다. 특히, 이를 뒷받침하는 事項으로서 現代는 지난 '82년 2月 建設會社로서는 國內 최초로 美國의 ASME Nuclear Survey에 合格하여 原子力機器設置(NA)와 原子力部品製作(NPT)에 대한 ASME Certificate를 획득하였다.

이로서 原子力發電所建設의 信賴度를 한층 높일 수 있었으며, 最近에는 Certificate期間(3年)이 만료됨에 따라 ASME로부터 再審査를 받고 認定書를 계속해서 유지하게 되었다.

#### 5. 맺음말

現代의 原子力發電所 建設經驗은 벌써 15년에 達하고 있다. 그간의 建設經驗을 통하여 施工分野에는 國內自立化가 거의 達成되었다고 보겠으나 設計, 機資材供給 등 全般的인 原電프로젝트의 建設面에서 볼 때 아직도 解決해야 할 많은 問題點들을 안고 있다.

原電建設이야말로 關聯機關은 물론 各産業體의 有機的인 協助體制와 全般的인 技術, 能力의 뒷받침이 없이는 이룩할 수 없기 때문이다.

現代는 앞으로도 持續的인 研究와 創意的인 工法開發로 原子力發電所 建設分野의 技術自立을 조속히 達成함은 물론 그간의 經驗을 바탕으로 國內 여러 關聯業體와의 協力을 통하여 가장 經濟的인 原電建設이 이룩될 수 있도록 最大의 努力을 경주할 것이다.