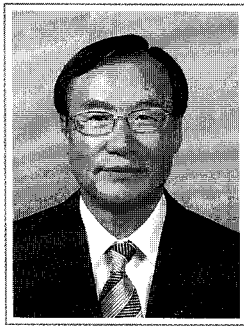


# 한국 원전 고리 3&4호기 건설 수행

- UAE 원전 수주의 감회를 담아 -

김기은

미국 KTI Engineering & Services 사장



지난 1월 어느 날 미국에서 한국 뉴스를 청취하던 중 한국전력에서 중동의 UAE로부터 원전 4기(4 Units)를 수주했다는 뉴스를 듣고 말할 수 없는 큰 감회와 기쁨을 금할 수 없었다. 사랑하는 모국, 대한민국과 한국전력에 축하를 드리는 바이다.

지난 1976년 당시 나는 미국 Los Angeles 근교인 Norwalk에 있던 Bechtel에서, 대만의 Maanshan Plant 5&6 Project의 Plant Design Discipline Engineering Supervisor로 근무하고 있었다.

그 때 한국전력에서 두 호기(고리 3&4)의 원전 건설을 하기 위해 내가 근무하는 Bechtel과 협의를 하고 있었다. Bechtel은 내가 담당하는 대만의 Maanshan 900MW Plant를 소개하였고, 그 Plant를 Copy함으로써 막대한 Engineering Manhours를 Saving할 수 있었다.

그로 인해 한국전력이 최초로 원전 건설에 직접 참여하면서부터 오늘날까지 원전 건설 기술이 세계적 수준까지 도달했고 그 후 34년 만에 원전 수주까지 이루어지지 않았나 생각한다.

한전은 고리 3&4호기·원전 건설 시작 후 1~2년 뒤 고리 3&4호기와 동일 한 두 호기를(영광 1&2호기) 추가로 건설하기로 Bechtel과 합의했다.

그러면 초기 원전 고리 3&4호기 건설이 시작된 1978년부터 1986년 6월 100% Power Test & Verification을 끝마칠 때까지 직접 Bechtel의 책임자로서 임무를 완수하기까지를 회고해보려 한다.

1961년 도미  
California State Poly Technic  
University 기계공학 학사  
California State University Long  
Beach 기계공학 석사  
California주 기계기술사(PE)  
ASME 정회원  
Bechtel Power Corporation 근무  
( '70~'87) - 고리 3,4호기 REO  
배관부 수석책임자 역임

## Bechtel 근무중 고리 3&4호기 현장 파견

고리 3&4호기의 설계 시작 당시 한국전력에서 세 분이 Feasibility Study Team으로 Bechtel에 파견되었다(그 중 한 분이 현재 한국수력원자력(KHNP)의 사장으로 근무하고 계신다). 그때부터 나는 모든 자료 정보 및



조언을 하게 되었다(그 당시 나는 위에 서술한 바와 같이, Plant Copy되는 Project인 대만의 Maanshan Project에 Engineering Supervisor로 근무하고 있었다).

그 후 정식으로 Bechtel 건물 내에 한국전력 지사가 설립되어 한국전력 Project Team이 Bechtel과 같이 고리 3&4호기의 설계, 구매를 수행하게 되었다.

그 후 한국원전기술주식회사(KNE, 현재 KOPEC)가 설계연수팀으로 참여하였으며 그분들은 기술 연수와b함께 모든 기술 자료를 Copy하여 본국으로 보내느라 바빴다.

나는 대만의 Maanshan Project를 끝마치고, 임시로 Georgia Power 건설 현장에 근무하고 있었는데 한국 Project의 고리 3&4호기 건설 현장에 가지 않겠느냐고 건의해왔다. 물론 환영할 만한 건의였다.

그리하여 1983년 2월에 Bechtel의 Expatriate Engineering Group Supervisor로 부임하게 되었다. 내가 전에 근무했던 Maanshan Project의 Copy Project이므로 한국에서 책임자로 근무하기에 아무 문제가 없었다.

모든 Design Documents와 설계는 Project title만 Maanshan으로부터 KEPCO-KORI 3&4로 변경하면 되었다.

여기서 현장 Bechtel 조직팀에 대한 얘기를 해야겠다. 당시 원래 Bechtel 본사와 한전 간에 계약된 Engineering Manhours가 이미 다 쓰여진 상태였던 것 같다. 그리하여 고리 3&4호기 완성을 위하여 다시 Bechtel과 한전이 추가 계약을 하게 되었다. 그리하여 현장에 REO라는 Bechtel의 Residential Engineering Organization Team 조직이 생기게 된 것이다.

**문제 해결 제안을 수용한 장기옥 현장소장**

부임 다음 날, 현장건설소장(장기옥씨)이 나를 소장 사무실로 불렀다. 같은 한국 사람이므로 허심탄회하게 모든 의견과 문제점을 논의하였다. 상황 파악과 문제점을 듣고 보니 아주 심각한 상황이었다.

경험이 많은 Bechtel도 미국 내에서 원전 건설을

할 때 보통 문제가 발생 하는 것이 아니다. 그 Typical한 원전 건설 문제가 고리 3&4 건설에 새로운 것이 아니라는 것을 알고 있었다. 특히 원전 건설 경험이 없고 처음 수행하는 한전으로서는 당연한 현상이었다.

시공은 한국전력이 전적으로 수행하고 Bechtel은 Advisory만 하게 되어 있었다. 미국 내에서의 모든 원전 건설이 그러하듯이 고리 3&4호기 건설도 설계대로 설치한다는 것은 불가능한 일이었다.

원전 내부 설치의 대부분이 배관 설치 및 기계 장비(각종 Pumps, Valves, Vessels, Equipments) 및 Wall to Wall을 통관하여 연결하는 것이었다. 내부 배관은 인간 신체의 모든 혈관과 똑같은 역할이다. 이러한 Scope를 미국 Code에 맞춰서 수행한다는 것은 참 어렵고 힘든 일이었다. 실질 시공은 현대건설이 수행했다.

이 중대하고 거대한 Major Scope를 수행하는데, 굵직굵직한 Sub-contractors들이 있다. 첫 번째, ASME-Class 1 System의 Safety Analysis(안전 분석)는 Westinghouse, ASME Class 2&3, 그리고 Critical System의 Safety Analysis는 Bechtel Scope, 배관 지지대(Piping Supports)는 미국 동북쪽에 있는 PC라는 회사가 제작 공급하고, Non-Q and 상용 부분은 PC와 같이 한국전력기술(KOPEC, 그 당시 KNE)이 참여 하였다.

다시 현장 소장과 나의 대화 과정으로 돌아가자. 소장님은 이 모든 문제점과 원전 건설을 완수하는 데 좋은 안을 제시해 보라 하셨다.

나는 다음과 같은 안을 서면으로 제시했다.

① 위에 서술한 Sub-contractors들의 Coordination을 Bechtel 본사 대신 현장 REO(본인)에서 수행한다.

② 설계대로 수행 설치 못한 문제점을 REO(본인)에서 현장 검증, 교정 방법 및 수행 부서까지 결정해 준다.

③ 모든 As-Built Verification을 REO(본인 팀)에서 수행한다(이 As-Built verification은 미국의 3 Miles Island 원전 사고 후 미국 정부 규제 기관인 NRC에서 새로 규정한 필수 수행 Code임).

④ 위 사항을 수행하는 데 있어 본인에게 미국

Bechtel 본사에서 Engineers 4명을 추가 지원하고 KNE(현재 KOPEC)에서 50명의 Engineer를 지원 해줄 것.

위 모든 것을 한국전력 현장소장님이 받아들여 주셨다. 거기에 추가로 모든 부서는 REO-K.Kim(본인을 말함)의 지시대로 따르고, 의견이 있으면 소장님과 직접 상의한다는 공문을 각 부서에 내려 보냈다(차후에 들은 말인데, 이 공문이 내려간 후부터는 각 부서끼리의 언쟁이 없어졌다 함).

### FCR/NCR 등 현장 문제점 신속 해결

다시 모든 배관 설치 문제점으로 돌아가자. REO에 내가 부임하여 업무를 시작하면서부터 FCR(Field Change Notice)와 NCR(Non-conformance Change Notice) 등이 매일 매일 몇십장이 올라왔는데 이것을 해결해주어야 된다.

Q.A.팀에서 Final Approval을 해주어야 현장 시공사(현대)에 보내어 진행이 되는데, Bechtel 현장 Q.A.는 Engineering에서 확인 및 Approval을 해주어야만 Final Sign을 함으로써 시공이 진전하게 된다.

그런데 그 위 진행이 Bechtel 본사의 Engineering 으로부터 지시를 받는데 많은 시간이 걸리는 동시에 될 수 있는 한 Design 및 Code대로 다시 고치라고 지시가 내려오는 것이 상수였다. As-Built대로 Engineering 검토를 하지 않으려 한 것 같다. 왜냐하면 Bechtel 본사에서는 주어진 Manhours가 쓰여지지 않기 때문인 것 같았다.

내가 현장 부임 후 모든 FCR/NCR 등 현장 문제점을 현명하게 Engineering으로 판단하고 As Built Analysis를 분석하여 Code Equation에 맞으면 그대로 As-Built를 Approval하여 즉시 현장 Bechtel Q.A.가 Release해줌으로써 급속도로 설치가 진행되었다. 시공이 지연되면 그만큼 외국인 인건비가 Dollars로 지불되는 것이었다.

내가 부임 후 2~3년간 급속도로 설치가 진행되었고, 그간 지연된 것이 2년 내로 거의 완성되었다(그 당시 한전은 현대건설에 큰 보상을 준다고 현상금을 걸기도 하여, 결국 현대건설이 목적을 달성하였다 함).

### 200명이 할 일을 54명이 완수

위 사항 후에, 아주 큰 Scope of Work가 있는데, 첫째는 미국 NRC Code의 추가에 의하여 As-Built Verification Report를 수행하고, 둘째로, 내가 부임할 때 한전에 Proposal을 가져온 Power Piping Test Verification 수행이다. 이것이 마지막으로 완료되어야 Commercial Power로 들어가게 되는 것이다.

첫째, As-Built Verification Scope는 모든 배관 설치 및 지지대(PiPe Supports)가 Design 및 Analysis대로 설치가 되었는지와 배관열에 의하여 팽창되는 수치가 다른 외부에 의하여 방해가 없는지를 검열하여야 하는 것이다.

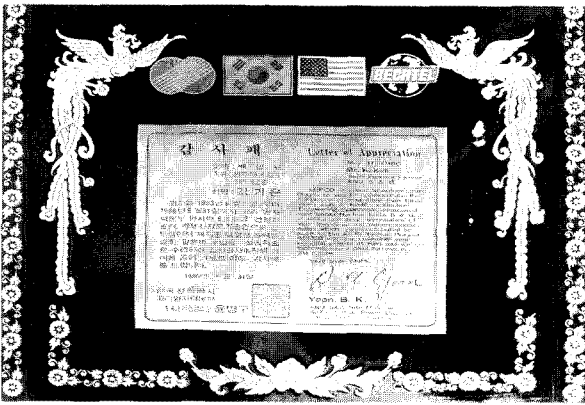
그런데 원래 ASME Code Class 1 System은 Westinghouse가 Contract되어 Safety Analysis를 했으니, Westinghouse대로 현장 파견하여 As-Built Walk-Down을 수행하겠다고 Manhours를 한전에 요구했다.

그러나 REO의 본인 팀에서 Walk-down을 수행하여 As-Built Reports를 만들어 Westinghouse로 보내면 된다고 한전에 건의했다. 한전에서 그렇게 Westinghouse에 통보했다.

그 다음 Westinghouse에서 주장하기를 As-Built 대로 다시 Analysis를 하여야 하니, 또 Engineering manhours를 추가로 요청했다. 그것도 Bechtel의 REO의 K.Kim이 검토하여 Re-analysis의 필요성에 동의하는 것만 Re-Analysis를 수행하기로 했다. 그리하여 엄청난 Manhouse가 Saving된 셈이다.

ASME Class 2&3 및 Critical System의 Analysis Scope는 Bechtel인데, As-Built-Walk-Down Report대로 다시 Re-Analysis을 본사에서 수행하면 추가로 막대한 Manhours가 필요하게 된다. REO 현장에 최대한으로 검토 및 수정하여 Bechtel 본사의 Re-Analysis를 최소화하여 짧은 기간에 완성하였다.

그 Scope of Work의 양을 말하자면 Westinghouse Analysis의 Scope는 26개의 문제 Line인 동시에 Bechtel Scope의 양은 정확하게 기억은 안나지만 약 160개의 문제 Lines으로 기억된다. 이것을 수행하는



고리 3&4호기 임무 완수후 한전으로부터 받은 감사패

데는 몇만 manhours가 필요로 하는 거대한 Engineering Scope이다.

참고로 말하면 모든 위의 Scope를 완성하려면 미국 내에서는 Peak Load에 약 200명의 인원이 2년 동안 투입되어야 하는 일이다. 그러나 한국전력기술(KOPEC) 직원 50명과 Bechtel Engineer 추가 4명을 데리고 2년 동안 수행했다는 것에 대해 자부심을 갖고 이 회고록을 통하여 자랑스럽게 알리고 싶다.

### 하루에 12시간씩 일을 했던 한전 직원들

한국 Engineer는 미국의 Engineer들보다 2배, 3배 빠르게 일을 했다. 참 자랑스러운 일이다. 나는 그 당시 외국인의 관점으로 살펴본 바 한국인이 그렇게 열심히 일을 하는 것에 대해 참 놀라지 않을 수가 없었다.

그 당시 한전 분들은 일이 첫째요 그 다음이 가정인 것 같이 보였다. 하루에 12시간씩 일을 했다. 참 놀라운 일이었다. 그렇게 근무했기 때문에 놀랍도록 짧은 기간 동안 고리 3&4호기 건설을 계획대로 완성했다고 믿는다.

위로 다시 올라가 회고하자면, 내가 현장 부임할 때 2,000 manhours 추가 proposal을 갖고 왔다. 이 Scope of the Work는 원전 건설의 맨 마지막 Scope인 100% Power Test Verification인데, 한전에 추가로 요청하는 것이었다.

그런데 현장 소장께서(당시 장기옥 소장) 나의 부임 전 나의 Experience Resume을 보셨던 모양이다. 나는 현장 부임 2년 전에 대만의 Keulung Nuclear Power의 100% Power Test를 맡아서 3개월씩 두 번에 걸쳐 대만 현장에 가서 100% Power Test를 수행한 적이 있다. 장기옥 소장이 Bechtel에 통지문을 보냈다. Bechtel Engineer의 K.Kim이 그 Test

Scope를 수행한 경험이 있으니, 추가로 Test Engineer 현장에 투입을 하지 않아도 되지 않느냐고 통보했다. Bechtel에서는 한전 현장소장의 Letter를 받아들였다(차후에 나온 말인데, Bechtel 내부에서는 나에게 대해 언짢게 기록하고 있었다고 한다.) 그리하여 추가로 2천 Manhours를 Save한 셈이 되었다.

Bechtel 본사에서 온 4명의 Engineers들과 KNE(현재 KOPEC)에 투입된 50명으로 팀을 4개조로 나누어 As-Built Verification을 수행하였다. 참으로 힘들었다. 전혀 경험이 없는 KOPEC 인원을 교육시키고, 하루에 두 번씩 각 팀을 데리고 현장 Work-Down을 고리 현장 맨 꼭대기에 있는 사무실 건물부터 맨 밑에 있는 Containment의 전 층 계단을 오르내리면서 실제 교육을 했다.

설계 및 배관 지지대 설치 현황을 하나하나 실제로 재어 가면서 확인했다. As-Built로 Engineering 판단 그대로 받아들여야 되는지를 판단하여야 한다. 이러한 Engineering 판단은 풍부한 Engineering Analysis의 경험 배경이 있어야만 이루어지는 것이다. 이러한 일을 4년간 수행했다.

나는 이것이 고생이라는 생각을 해본 적은 없다. 현장건설소장님 및 많은 관련 한국전력 Staffs들의 존경과 대우를 받으며 아주 즐겁게 보람차게 일을 했다고 생각한다.

### UAE 원전 성공적 건설 기대

모든 일을 성공적으로 끝마친 후 한전으로부터 감사패를 받았는데 참으로 기뻐다. 물론 주어진 모든 일을 성공적으로 수행하는 데 있어 혼자만으로 이루어지는 것은 아니다. 관련된 모든 분들의 적극적인 협조가 있었기 때문이다.

이밖에도 회고할 게 많지만 이만 끝마치는 것이 좋겠다. 대한민국과 한국전력은 고리 3&4호기 건설부터 계속적으로 지난 34년 동안 원전에 투자하고 열심히 노력한 결과로 그 거대한 중동의 UAE 원전을 수주할 수 있었다고 믿는다.

다시 한번 이 거대한 Project 수주를 진심으로 축하하며 성공적으로 완수되기를 기원하는 바이다. ⊗