

원전건설 사업관리의 배경 및 사업관리 체계

이성환 한수원 중앙연구원 플랜트건설연구소
 류동수 한수원 중앙연구원 플랜트건설연구소 부장
 문병석 한수원 중앙연구원 플랜트건설연구소 부장



I. 서론

2011년 유럽 위원회 합동 연구소(European Commission, Joint Research Center) 보고서에 의하면 2011년 인간 활동에 의한 전세계 이산화탄소(CO2) 배출량은 총 340억톤 규모이다. 대한민국 통계청에 따르면 우리나라는 2010년 기준 6억 6889만 톤의 이산화 탄소를 배출 하였다. 이 중 에너지 소비에 의한 이산화탄소의 배출은 85.3%에 달하여 이산화탄소량을 줄이기 위한 친환경에너지의 중요성은 더욱 부각되고 있다.

특히, 화석연료의 사용은 줄이며 동시에 신재생에너지 사용에 대한 목소리는 점점 커지고 있어 실질적인 대안이 될 수 있는 원자력에너지가 부각되고 있다. 실제로 국제원자력 기구의 통계를 보면 1KWh의 전력을 생산하기 위해 원자력은 10g의 이산화탄소를 배출하는데 비해 석탄은 991g, 석유는 782g, 태양광은 57g, 풍력은 14g을 배출한다. 친환경에너지의 요구와 신재생에너지의 고비용을 감안할 때 실질적인 친환경에너지의 대안이 될 수 있는 원자력 시장은 후쿠시마 원전 사고 이후에도 그 열기가 매우 뜨겁다.

세계 원전시장의 구조는 미국, 일본, 프랑스, 러시아 등이 주도하고 있으며 최근에는 한국, 중국, 인도가 원전건설 수출국으로 부상하고 있다. 특히 우리나라는 400억 달러 규모의 UAE 원자력 발전소(APR1400MW급 4기) 건설사업을 수주하면서 세계 5번째의 원전 수출국으로 발돋움 하였다. 정부는 원자력 관련 산업을 자동차 및 반도체산업과 함께 차세대 수출전략산업의 하나로 육성하여 세계 3대 원전 수출 강국으로의 도약을 목표로 하고 있다.

본 기고문은 국가 경쟁력의 근간인 안전한 전력수급을 위

한 국내원전 건설과 국제적으로 경쟁력 있는 원전건설 수주를 이해하는데 있어 조금이나마 도움이 되고자 함이다.

II. 국내 원전건설관리체계

1. 원전 건설사업관리체계 발전과정

원전 건설사업은 규모와 복잡성 그리고 안정성을 고려하여 다른 건설사업에 비해 체계적인 사업관리 체계의 구축이 필수적이라 할 수 있다. 그러나 1970년대 국내 원전 사업의 도입 초기에는 국내의 기술수준이 낮고 사업관리 제반 환경이 열악하여 외국기업과 Turnkey 계약방식으로 공사를 계약하고 선진국의 사업관리체계에 의존하게 되었다. 이후 외국 기술의 도입 및 축적을 목적으로 계약 방식을 Turnkey 도급방식에서 분할발주 방식으로 변경하여 후속원전의 지속적인 건설을 통해 국내 실정에 맞는 사업관리체제로 발전하였으며, 1990년대에 들어 사업관리체계의 자립을 통해 원전 사업관리를 주도적으로 추진 하게 되었다.

표1 원전 건설사업관리 변천사

구 분	외국기술의존기	기술습득기	기술자립기
	1세대 (1970년대)	2세대 (1980년대)	3세대 (1990년대)
사업관리	외국업체 주도	외국업체지원	발주자주도
보조기기 -외자 -국산화	외국업체 주도 외국업체 주도	외국업체 대행 발주자주도	발주자주도 발주자주도
시공관리	외국업체 주도	외국업체 대행	발주자주도
시운전	외국감독하에 발주자수행	발주자주도	발주자주도

2. 원전 건설사업의 특수성

원전 건설사업은 원자력의 특수성, 사업의 규모 및 안전성으로 인해 일반 건설사업과 매우 다른 특성을 가지고 있다. 원전 건설사업의 특수성을 건설의 핵심요소 측면에서 살펴보면 다음과 같다.

표2 원전건설의 특수성

<p>◆ 자본 집약적인 장기사업</p> <ul style="list-style-type: none"> • 거대 투자비 • 장기사업(계획~준공 123 개월)
<p>◆ 기술집약사업</p> <ul style="list-style-type: none"> • 100 만개 이상의 부품 • 많은 사업조직 참여 • 다수의 이해관계자
<p>◆ 안전성 최우선 사업</p> <ul style="list-style-type: none"> • 60년 동안의 안전성 및 신뢰성 보장 • 국내외기술기준과 법규 및 규정 적용 • 품질보증 체계적 수립, 이행, 감시체계 • 다중심층방어 개념 적용

3. 원전건설의 사업관리 정의 및 목표

원전건설의 사업관리는 최적의 비용(Cost)으로 주어진 공기(Schedule)내에 요구하는 품질(Quality)의 발전소를 건설하기 위해 건설 조직을 구성하여 관련업무를 추진하는 제반 관리활동이다. 특히 원전 이해관계자(정부, 규제기관, 국민 등)의 품질만족을 위한 안전성 및 신뢰성을 확보하는 것이 원전건설 사업관리의 목표이다.

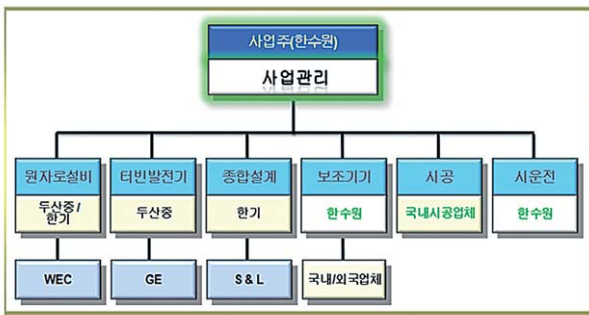


그림 1. 원전건설 사업 조직 체계

4. 원전건설 사업관리 범위 및 절차

원전건설은 5단계의 건설관리 분야로 구분된다. 이는 아래 그림 3과 같이 사업관리, 설계, 구매, 시공, 시운전으로 구분된다. 사업관리는 사업 전반에 걸친 기준을 제시하고 사업을 수행하는 동안 사업관리의 기준을 제공한다. 사업관리의 범위는 사업 행정관리, 공정관리, 공사비관리, 시공관리, 자재/자료관리, 설계관리, 구매관리, 시운전관리, 품질관리를 포함한다.

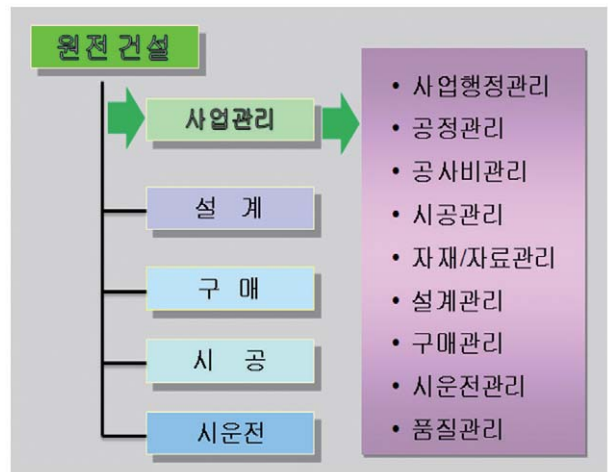


그림 2. 원전건설관리 체계

사업관리에서는 계획관리가 무엇보다 중요한 요소인데 이에 따라 사업 초기에 사업기간 동안 적용되는 지침서 및 절차를 개발하고 이행한다. 각 원전 사업을 위해 개발하는 사업관리 지침서는 최상위 문서로써, 사업관리 전반에 대한 기준을 제시한다. 사업관리위계에 따라 사업내부 절차를 수립하고, 현장에서 적용하는 건설 현장 내부절차서(SIP)를 수립하게 된다.

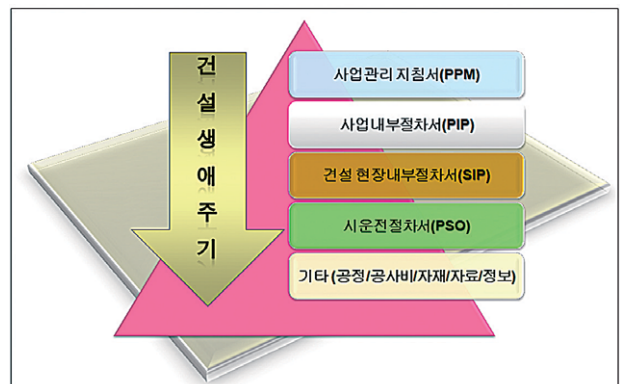


그림 3. 사업관리지침서 및 절차서

원전 건설 생애주기는 건설단계에 따라 건설계획단계에서부터 운전까지 총 5단계 프로세스로 구별되며, 각 프로세스는 그 목적에 맞는 절차서 등을 수립하고 운영한다. 효율적인 사업관리를 위해 수행기간 동안 프로젝트 정보시스템을 지원하게 된다. 설계 및 구매 단계에서는 전사정보시스템인 Enterprise Resource Planning (ERP) 시스템을 지원하고, 시공단계 및 시운전 단계에서는 건설분야 정보시스템인 Nuclear Power Plant Construction Management System(NPCMS)을 지원하게 된다. 각 건설 단계에서는 정보시스템을 통해 각종 절차서 및 도면을 제공하며 현장관리에 전반적인 사항에 대해 관리하게 된다.

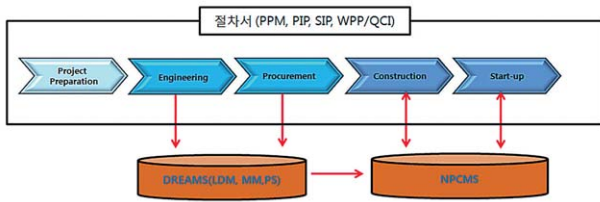


그림 4. 건설관리 전산화 적용

5. 사업번호 및 공정 체계

건설사업관리체계에서 가장 중요하고 기본이 되는 것은 프로젝트의 분할체계이며 이는 사업관리지침서(PPM)에 원자력건설 사업번호체계 (Project Numbering System)에 정의된다. 사업번호체계(PNS)는 프로젝트 전반에 걸쳐 적용되며 프로젝트의 형상과 기능에 따라 Physical Breakdown Structure(PBS) 및 Functional Breakdown Structure(FBS)로 구분하여 적용한다.

단위 프로젝트는 그림 5와 같이 4단계의 사업공정표 체계로 구성하며 각 단계는 공정표의 사용목적 및 운영특성에 따라 적절히 관리한다.

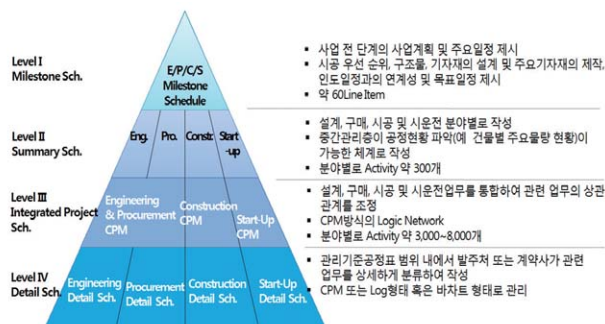


그림 5. 원전건설 공정관리체계

◆ 기본공정표(Project Milestone Sch.)

기본공정표는 설계, 구매, 시공, 시운전 등 전체 건설사업의 업무를 호기별, 건물별로 구분하여 주요 기자재의 구매 및 시공 일정과 주요 단위작업의 상관관계를 표시한 5~60개의 항목(Line Item)으로 구성한다.

◆ 종합공정표(Project Summary Sch.)

종합공정표는 설계, 구매, 시공, 시운전 등 4개 분야별 종합공정표로 구분한다. 분야별 종합공정표는 원전 건설사업의 주계약자별 최상위 공정표로 활용하며, 기본공정표에서 제시된 분야별 계획 일자와 제약조건을 고려하여 작성한다.

◆ 관리기준공정표(Integrated Project Sch.)

관리기준공정표는 사업공정표 체계상 레벨 3 공정표로 원전 건설사업에서 모든 사업참여자가 공통적으로 활용하는 핵심적인 의사소통 도구로서 계약적으로도 관리의 기준이 되는 공정표이다. 관리기준공정표는 CPM방식의 로직 네트워크(Logic Network)로 작성하고, 설계, 구매, 시공, 시운전 등 전 사업단계의 모든 업무가 전산화 되어 통합 관리된다.

◆ 시행공정표(Detail Sch.)

시행공정표는 사업공정표체계상 레벨 4 공정표에 해당하며, 설계, 구매, 시공, 시운전 등 분야별로 상세하게 작성하여 실행공정표로 활용한다.

◆ 진도관리

원전 건설사업의 진도율은 CPM 네트워크 공정표인 관리기준공정표에 의한 일정계획을 참조하고 설계, 구매, 시공, 시운전 등의 분야별로 수립된 진도율 산정기준을 적용하여 진도계획 및 실적을 산정한다.

6. 원전건설관리시스템(iNPCMS)

원전건설관리시스템은 1993년부터 건설관리지침을 수립하여 전산시스템(NPCS)과 함께 운영해 왔다. 2003년 전산시스템을 보완한 원전건설관리시스템(NPCMS)을 개발하여 건설 원전별로 시스템을 운영하고 있으며 2010년도에는 Web환경에서 멀티프로젝트 관리가 가능한 통합전산시스템(iNPCMS)을 개발하여 신한울1,2호기 건설부터 적용하고 있다. 자체 보유정보 이외의 정보는 전사적 자원관리시스템

(ERP)과 연계하여 운영한다. iNPCMS 프로그램은 원전건설 사업관리를 운영함에 있어 정보흐름에 가장 중요한 시스템이며, 건설공정, 도면/자료, 시공정보, 건설자재 및 시공 품질검사 업무등에 관한 정보를 관리하고 제공한다.



그림 6. 통합원전관리시스템 : NPCMS

III. 결론

1971년 11월에 착공하여 1978년 4월 대한민국 최초의 고리원자력1호기 발전을 시작한 이래 우리나라는 고리, 월성, 영광, 울진에 원전 23기를 운영하고 5기는 건설 중에 있는 세계 6위의 원전 보유국이다.

1,000MW급 한국표준 원전인 OPR1000 (OPR : Optimized Power Reactor)을 국내기술로 개발하여 건설, 운영하며, 이를 기반으로 리히터 규모 7의 지진에도 견디도록 설계되고 안전성과 경제성을 대폭 향상한 1,400MW급 3세대 신형 경수로인 APR1400 (APR : Advanced Power Reactor)을 탄생시켰다. 현재 APR1400 모델은 국내에서 4기가 건설 중에 있으며, 우리나라 역사상 단일 최고 수주액을 기록했던 UAE 원전 수출 모델이기도 하다.

안전을 최우선으로 한 세계적인 원전건설을 위해 건설사업관리 체계를 개발하기 위한 노력은 계속되고 있으며, 이는 대한민국이 안전한 에너지원의 확보와 세계 원전시장에서 강자로 자리매김하는 주춧돌이 될 것이다.