

## 신기술 · 신공법 도입 및 개발을 통한 원전건설 기간 단축

원전의 경쟁력은 인력 기술수준 향상,  
신기술 · 신공법 활용,  
사업관리 기업 고도화

2009년은 우리나라가 원전건설사업을 착수(1968년 1월 원자력발전소 건설계획 발표)한지 40년, 고리 1호기가 발전을 시작한지 30년이 되는 해이다.

김현철

한국수력원자력 건설처 건설기획팀장



한국수력원자력(주)(사장 김종신, 이하 한수원)이 운영하고 있는 20기의 원전중 최초 원전인 고리 1호기는 설계, 제작 단계부터 시운전까지 모든 것을 외국의 기술로 시작하였다. 하지만 이제는 설계, 제작, 시공, 시운전 등 모든 것을 우리의 기술로 개발, 건설하고 있을 뿐만 아니라 우리원전의 해외 수출

을 추진하는 단계에 이르렀다. 한국형 원전의 해외 진출은 우리의 원전건설 기술이 세계적인 수준에 도달하였다는 것을 입증하는 계기가 될 것이다.

원전은 안전성을 최우선으로 한다. 따라서 원전의 경쟁력은 최고의 품질을 확보하는 것을 전제로 얼마나 짧은 기간에, 적은 비용으로 건설하느냐 하는 경제성에 좌우된다. 건설기간이 짧을수록 비용이 적게 들기 때문에 원전을 건설하는 세계 모든 나라에서는 노무인력 기술수준의 향상, 신기술·신공법 활용, 사업관리 기법 고도화 등으로 건설기간을 단축하는 데 모든 역량을 쏟고 있다.

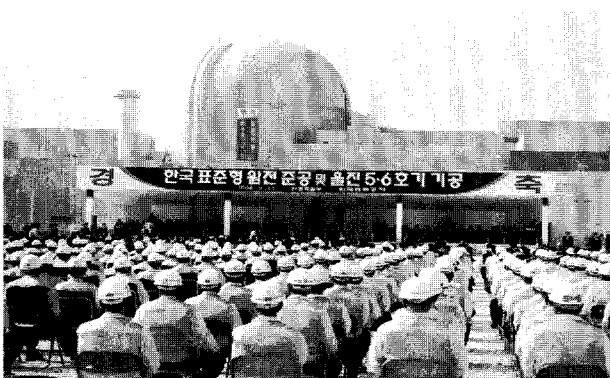
《기술축적기의 원전건설 기간》

원전명	고리#3	영광#1	울진#1
건설기간	72개월	63개월	67개월
준공시기	'85. 9	'86. 6	'02. 5

※ 건설기간 : 최초 콘크리트 타설 ~ 준공 까지

◇ 기술자립과 건설기간 단축

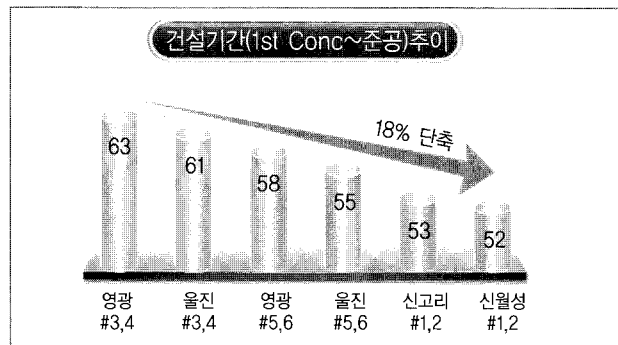
1979년 미국의 TMI(Three Mile Island)사고와 1986년 옛 소련의 체르노빌사고의 영향으로 세계 여러 나라가 원전을 폐지하거나 건설을 중단하는 정책을 추진할 때 우리나라는 원전건설사업을 일괄 발주방식(Turnkey)에서 분할발주방식(Non-



《최초 한국표준형원전 울진3호기 준공식》

Turnkey)으로 변경하고 기술축적을 도모하면서, 고리 3,4호기, 영광 1,2호기 및 울진 1,2호기를 지속적으로 건설하였다.

이후 영광 3,4호기 건설을 통해서 사업자가 전체사업을 주도하고 국내업체가 주계약자로, 일부 외국업체가 하도급업체로 참여하는 방식으로 원전 건설 기술자립을 추진하여 영광 3호기 준공시점인 1995년말 기준으로 95%의 원전건설 기술자립을 달성하였다. 영광 3,4호기 원전건설 기술자립 경험을 바탕으로 하여 우리나라는 한국적인 특성에 맞는 한국표준형원전(OPR1000 : Optimized Power Reactor 1000) 건설을 추진하였다. 최초의 한국표준형원전은 울진 3,4호기로서 영광 3,4호기를 참조 발전소로 하여 건설하였다. 울진 3,4호기는 사업주인 한수원이 건설사업 추진의 주체가 되어 원전건설 전 분야에 대한 책임을 맡아 성공적으로 추진하였다. 이는 국내업체가 영광 3,4호기 건설을 통해 일부 핵심 분야를 제외한 전 분야에 대해 충분한 기술자립을 달성했다는 의미였다.

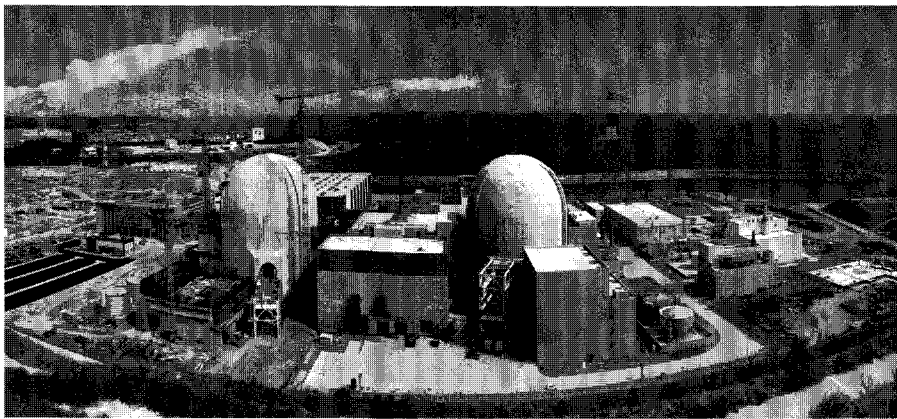


【표 2】 한국표준형원전 건설기간 추이

1998년 8월 및 1999년 12월 울진 3,4호기를 준공한 이후에도 축적된 기술과 경험을 반영하고 개선하면서 꾸준히 한국표준형원전의 건설을 계속하여 2002년 3월 및 12월에는 영광5,6호기를, 2004년 7월 및 2005년 4월에는 울진 5,6호기를 준공하였다.

원전명	영광#3	울진#3	영광#5	울진#5	울진#6	신고리#1,2	신월성#1,2
건설기간	63개월	61개월	59개월	58개월	55개월	53개월	52개월
준공시기	'95. 3	'99. 8	'02. 5	'04. 7	'05. 4	('10.12)	('12. 3)

\* 건설기간 : 최초 콘크리트 타설 ~ 준공



한국표준원전(OPR1000) 신고리 1,2호기 건설현장 전경 ('09. 9월말)

한국표준형원전의 반복 건설은 영광 3호기의 63개월 건설기간(최초콘크리트 타설~준공)을 울진 6호기에서는 55개월까지 단축함으로써 경제성을 크게 향상하는 효과를 거두었다.

또한, 이후 한수원의 30년 원전건설 및 운영 경험과 한기의 설계경험을 토대로 한국표준형원전 설계

## 건설기간 획기적 단축하는 기술 및 공법 벤치마킹

개선사업을 통해 많은 개선사항을 반영한 개선된 한국표준형원전(OPR1000)을 2010년 12월 및 2011년 12월 준공을 목표로 신고리 1,2호기를, 2012년 3월 및 2013년 1월 준공을 목표로 신월성 1,2호기를 건설 중에 있다.

### ◇ 신기술, 신공법 개발, 도입을 통한 원전 건설기간 단축

울진 5,6호기까지 건설기간 단축은 무엇보다도

동일노형 원전의 반복건설을 통해 축적한 풍부한 경험과 기술에 힘입은 바가 컸다. 그러나 반복건설에 따른 학습효과가 어느 정도 한계에 도달함에 따라 한수원은 신고리 1,2호기 부터 새로운 신공법 및 신기술 도입, 적용을 통해 건설기간 단축을 추진하

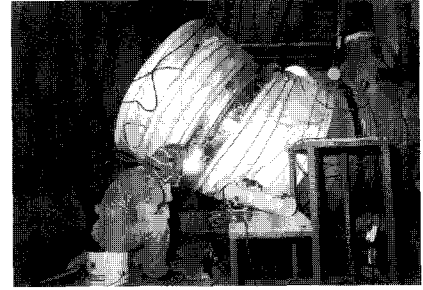
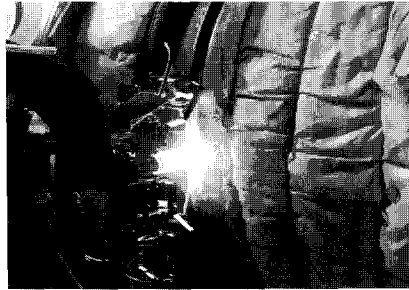
고 있다. 이를 위해 건설기간을 획기적으로 단축할 수 있는 기술 및 공법을 해외 및 타 산업체 벤치마킹을 통해 습득하고 적용하고 있다.

첫째, 구조물 슬라브 형식을 철근-콘크리트 구조에서 Deck Plate 구조 공법으로 변경함으로써 거푸집과 거푸집 지지대 설치, 제거 공정이 필요 없고 콘크리트 양생 기간중에도 하부 층의 기기·배관류의 조기반입 및 설치공사를 가능하게 하여 공기를 단축하고 있다.

둘째, 원자로냉각재배관 설치에 자동용접 방법을 채택함으로써 선형호기 대비 작업기간을 획기적으로 단축하였으며, 이를 타계통의 대구경배관 설치에도 확대적용을 추진하고 있다.

셋째, 선형호기에서 크레인 인양능력과 기술적 어려움으로 지상에서 1~2단으로 모듈화하여 인양하던 원자로건물 격납철판은 기술적 한계를 극복하고 지상에서 3단을 한 번에 모듈화하여 인양, 설치하였다. 중량물 인양, 설치작업에 지상에서의 작업을 늘리고 고소작업을 대폭 줄임으로써 작업의 효율성을

구 분	울진 6호기	신고리 1호기	신고리 2호기
작업기간	209일	168일	153일
작업방법	수동용접	자동용접	자동용접



원자로 냉각재 배관작업 기간 비교

자동용접 (신고리 1호기)

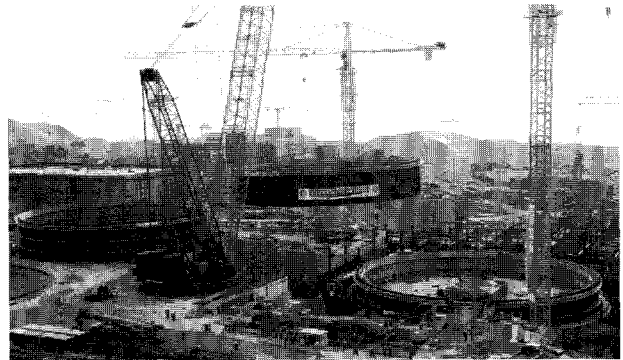
수동용접 (울진 6호기)

높이는 것은 물론 작업자의 안전사고 예방에도 많은 효과가 있다.

넷째, 구조물의 대형철근 이음작업에 있어 나사이음방식 기술을 개발하여 과거 화약을 이용한 용융 금속 슬리브이음방식(Cadweld) 보다 작업의 안전성과 효율성을 향상시키고 있다.

이외에도 2010년 1월부터는 신월성 1호기를 대상으로 원자로냉각재배관(Reactor Coolant Line)과 원자로내장물(Reactor Vessel Internal) 병행시공을 추진할 예정이다. 이전까지는 용접에 따른 열응력 영향을 우려하여 원자로냉각재배관 용접후 원자로내장물 설치를 착수하였으나 신고리 1,2호기 건설과정을 통해 이에 대한 영향을 분석하고 대책을 마련함으로써 원자로냉각재배관 중간연결관 작업과 원자로내장물 설치작업을 병행함으로써 약 2개월의 작업기간을 단축할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

한수원은 또한, 세계 최고 수준의 선진사업관리기법을 도입하여 원전건설관리시스템(NPCMS : Nuclear Power plant Construction Management System)을 개발, 실시간(Real Time) 사업관리는 물론 Paperless 사업관리를 구현하고 있다. 원전건설사업은 토목, 건축, 기계, 전기, 원자력 공학 등 모든 분야가 망라된 종합적인 플랜트사업으로 수많은 공종(工種)에 대해 설계, 구매, 시공, 시운전 및 운영단계가 매우 복잡하여 세밀하고 종합적인 관리



신월성 2호기 격납철판 3,4,5단 인양 ('09. 3.17)

가 필요하므로 업무의 전산화가 필요하였다. 영광 5,6호기 이전에도 분야별로 전산화를 추진하여 운영하였으나 1990년대 말부터 IT기술의 급격한 발달에 힘입어 본격적인 전산화는 울진 5,6호기에서부터 시작하였다. 울진 5,6호기에서 NPCS(NPCS : Nuclear Project Control System)라는 원전건설관리시스템이라는 관리체계를 개발하여 공정관리, 자재관리, 자료관리 및 시공분야의 배관, 케이블 및 시운전계통인계 분야 등 일부분야 전산화하여 운영하였다. 한수원은 이 NPCS를 바탕으로 2001년부터 도입한 ERP시스템에 원전건설관리시스템(NPCMS)을 개발하여 설계, 구매, 제작, 시공, 시운전 및 운영 모든 분야의 사업관리업무를 전산화하여 신고리 1,2호기부터 적용하고 있다.

이러한 신기술, 신공법과 선진사업관리기법을 개발, 적용한 결과 지난 9월 1일에는 신고리 1호기가



『원전건설사업관리시스템 초기화면』

당초 계획보다 약 1개월 앞서 상온수압시험을 착수하고 성공적으로 수행한 바 있으며, 신고리 1,2호기 및 신월성 1,2호기는 올진 5,6호기 대비 2개월~5개월의 건설기간 단축을 기대하고 있다.

◇ 향후 건설공정 최적화를 위한 기술개발

앞으로도 한수원에서는 보다 고도화된 신기술, 신공법을 개발하여 신고리 3,4호기부터 건설하는 신형경수로1400(APR1400)에 적용함으로써 궁극적으로 40개월 이내에 원전을 건설하는 것을 목표로 하고 있다.

원자로내장물 모듈화 기술도 개발을 완료하였으며, 강판으로 거푸집을 대신하고 철근과 배관 및 기

기 지지대 설치를 위한 매설철판을 없애므로써 구조물 모듈화가 가능한 강판-콘크리트 구조물(Steel Plate Concrete)공법의 기술 개발을 완료하였고 산업규격화 및 인허가 추진과 병행하여 “강판 구조체 및 강판구조 콘크리트 구조” 등 5건의 국제특허를 출원 중에 있다. 구조물과 설비를 외부에서 일체의 모듈로 제작, 현장에 반입 설치하는 복합모듈화 공법도 개발중에 있으며, 기기 및 구조물의 모듈화는 보다 대형화를 추진할 예정이고 신고리 5,6호기부터는 주요 중량

물 대해 수직반입공법(Over the Top) 적용을 추진하고 있다. 원자로냉각재배관에만 적용중인 자동용접도 전 분야로 확대를 추진할 예정이며, 이외에도 보온재를 대신하는 도장 보온 기술, 내방사선도장 기술 개선(3회 도장을 2회 도장으로 단축) 등 원전 건설 기간 최적화를 위한 노력을 지속적으로 추진할 예정이다.

현재도 세계의 원전 선진국가들이 우리의 원전건설에 대해 많은 찬사를 보내고 있지만 개발중인 기술이 본격적으로 건설현장에 적용되는 시점에서는 세계적인 원전 건설수준 확보로 세계원전시장을 주도하는 위치에 설 수 있을 것으로 전망된다. KEA



최초 신형경수로1400(APR1400) 원전인 신고리 3,4호기 건설현장 전경 ('09. 9월말)