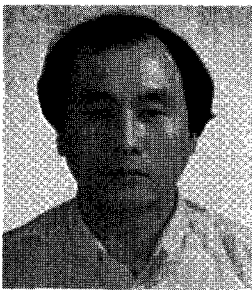


## 차세대 원전의 건설 공법과 기술

김 태 영

한국전력기술(주) 차세대원자로사업 토목구조분야 책임자



**원**

자력발전소는 건설 비용의 규모에 비춰볼 때 건설 공기가 건설 원가 및 발전 원가에 미치는 영향이 지대하며, 원자력발전소 건설시 안전 관련 계통 기기 및 구조물에 대한 엄격한 품질 요건으로 인한 각종 시험 및 검사 업무를 철저히 수행하여야 하므로, 다른 발전 설비보다 일반적으로 건설 기간도 상당히 길다.

특히 79년 TMI 사고 이후 미국에

서는 원전의 안전성 및 신뢰성 증진과 관련된 다수의 규제 요건이 신규 제정됨에 따른 설계 강화로 인하여, 설계 변경 및 설비 보강과 아울러 건설 공기 및 시공 물량, 투입 인력이 대폭적으로 증가됨에 따라 경제성을 상당히 상실하게 되었다.

이러한 미국의 규제 요건 강화는 가압 경수로형 원자력발전소가 대중을 이루고 있는 일본·프랑스 등에도 상당한 영향을 미쳤으며, 특히 미국 원자력법의 영향을 절대적으로 받도록 되어 있는 국내의 경우 그 영향은 크다고 할 수 있다.

따라서 건설 공기 단축이 원전의 경제성을 제고시킬 수 있는 중요한 대안으로 대두됨에 따라 각국에서 이에 대한 노력이 경주되었고, 특히 원전의 건설 공기 측면에서 가장 우수한 실적을 가지고 있는 일본의 경우에도 발전소 건설 시작 시점 이전 약

3년에 걸쳐 설계 및 시공성 검토를 하고 광범위한 모듈 공법의 적용 등을 통하여 건설 공기 단축을 위한 노력을 지속적으로 시행하고 있다.

원자력발전소의 건설 공기는 총사업 기간 중에서 첫 콘크리트 타설 시점부터 상업 운전까지로 설정하고 있는 것이 일반적인 관례이며, 이의 단축이 절대적으로 요구되는데, 그 주요 이유는 다음과 같다.

○총사업 기간 중 가장 큰 부분을 차지하고 있고, 따라서 가장 큰 잠재적인 공기 지연 요소이다.

○건설 단계에 자금 흐름이 가장 크기 때문에, 이 단계에서의 공기 지연은 다른 어느 단계보다도 건설비에 큰 영향을 준다.

○다른 단계보다 이 건설 단계의 지연은 명확하고 직접적인 원인 규명이 어렵다.

○실제로 원전 건설 기간 중 이 건

설 단계에서 많은 지연이 발생하였다.

차세대 원전은 1,350MWe급의 대형 원전으로 개발중에 있으며, 주요 설계 목표 중의 하나로 목표 건설 공기가 48개월로 설정되어 있는 바, 이는 국내 기존 원전(1,000MWe급 이하)의 건설 공기가 63~75개월인 점에 비추어 볼 때 건설 순서 및 공법 등 건설성 관련 분야에 대한 신기술 적용 및 기존 관행에 상당한 변화가 있어야만 가능하다(그림 1).

따라서 건설 공기 관점에서 전세계적으로 가장 우수한 실적을 보유하고 있는 일본의 가시와자키 가리와 발전소와 오이 발전소 방문 및 관련 회사

들과의 접촉을 통하여 차세대 원전의 건설 공기 단축 방안을 검토하기 위한 기초 자료를 수집하였다.

**차세대 원전 설계 진행 현황 및 주요 설계 특성**

차세대 원전은 현재까지 국내의 원자력 발전 기술 자립과 원전 표준화 사업을 통해 추진되어온 1,000MWe급 원자로의 설계 경험을 바탕으로, 1,350MWe급으로의 용량 격상, 안전성 및 경제성의 획기적인 개선을 목표로 2000년 이후에 건설될 원전에 적용할 모델로 개발중에 있다.

95년 3월부터 시작된 차세대 원자

로 기술 개발 2단계 사업은 발전소 배치 설계 등 기본 설계를 수행하는 단계로서, 1단계 사업에서 수립된 설계 개념을 구체화하고 있으며, 99년 2월에 표준 안전성 분석 보고서 발행 등을 목표로 추진중에 있다.

참고로 차세대 원전이 국내 기존 원전과 다른 주요 설계 특성을 소개 하면 다음과 같다.

- 안전성 확보 범위
  - 설계 기준 사고뿐만 아니라 중대 사고를 고려
  - 기존 원전에 비해 10배 이상 향상된 안전성 확보
- 비심 노심 냉각
  - 노심 냉각수원인 핵연료 재장전

Plant	Construction Schedule	Period(Months) (F/C~C/O)
Kori #1 (587MWe)	S/E □ 8 F/C ○ 27 R/V ○ 22 CHT ○ 8 F/L ○ 12 C/O ○	69
Kori #2 (650MWe)	S/E □ 10 F/C ○ 36 R/V ○ 19 CHT ○ 7 F/L ○ 5 C/O ○	67
Kori #3 (950MWe)	S/E □ 6 F/C ○ 26 R/V ○ 27 CHT ○ 7 F/L ○ 12 C/O ○	72
Yonggwang #1 (950MWe)	S/E □ 6 F/C ○ 23 R/V ○ 25 CHT ○ 7 F/L ○ 8 C/O ○	63
Ulchin #1 (950MWe)	S/E □ 11 F/C ○ 28 R/V ○ 22 CHT ○ 9 F/L ○ 9 C/O ○	68
Yonggwang #3 (1,000MWe)	S/E □ 6 F/C ○ 24 R/V ○ 23 CHT ○ 9 F/L ○ 7 C/O ○	63

주: S/E: 건설 시작 F/C: 첫 콘크리트 타설 R/V: 원자로 설치 CHT: 상온 수압 시험 F/L: 핵연료 장전 C/O: 상업 운전

〈그림 1〉 국내 기존 원전의 건설 공기

- 수를 격납 건물 내에 설치
- 비상 노심 냉각은 4 train 직접 주입 방식 채택
- 주제어실 및 계측 제어 계통
- 디지털 제어 방식 적용 및 인간공학을 적용한 첨단 주제어실 설계
- 격납 건물
- 기존 원전의 단일 격납 건물에 비해 2중 격납 건물로 설계
- 건물 배치
- 보조 건물이 격납 건물을 감싸는 배치 형태를 채택
- 보조 건물을 격납 건물과 공동 매트 기초로 연결

**일본의 원전 건설 현황**

영국에서 도입된 기체 냉각로인 도카이 1호기가 66년에 운전을 시작하

면서 비롯된 일본의 상업용 원자력 발전은, 그후 미국에서 개발된 경수로로 원자로의 개발 방향이 바뀌었다.

즉 일본은 미국의 GE사와 웨스팅하우스사로부터 경수로 기술을 도입하여 쓰루가 1호기(BWR, 375 MWe), 미하마 1호기(PWR, 340 MWe), 후쿠시마 1호기(BWR, 460 MWe) 등의 원전이 70년대 초반에 운전을 시작하였으며, 96년 3월 현재 운전중인 발전소는 BWR 26기, PWR 22기로서 총설비 용량은 39,348MWe이다.

일본은 81년부터 추진된 제3차 개발 표준화 계획을 통해 개량형 경수로를 APWR 및 ABWR 두 종류로 개발하였으며, 최근에 운전 및 시운전중인 가시와자키 가리와 6·7호기

는 ABWR 개념을 채택한 것으로서 1,300MWe급의 용량으로 설계되었다.

또한 87년부터 일본의 5개 전력회사인 간사이전력·일본원자력·규슈전력·시코쿠전력·홋카이도전력 등이 공동 출자하여 미쓰비시사 주도로 미국의 웨스팅하우스사 및 벡텔사가 참여하여 1,350MWe 용량의 4-loop 개량형 가압 경수로형으로 APWR 1300 개발을 추진하였으나, 일본 내 원전의 추가 건설이 불투명해짐에 따라 92년경 설계 개발을 중단한 상태이다.

원자력발전소 제조·건설에 대해서 PWR은 미쓰비시그룹, BWR은 도시바그룹 및 히타치그룹이 담당하고 있으며, 일본 내의 9개 전력회사의 선호도에 따라 균형적으로 건설되

Plant	Construction Schedule	Period(Months) (F/C~C/O)
Genkai #3 (1,180MWe)	S/E □ 15 F/C ○ 29 R/V ○ 21 F/L ○ 12 C/O ○	62
Genkai #4 (1,180MWe)	S/E □ 7 F/C ○ 29 R/V ○ 21 F/L ○ 12 C/O ○	62
Tsuruga #2 (1,160MWe)	S/E □ 4.5 F/C ○ 28 R/V ○ 9 CHT ○ 6.5 F/L ○ 10 C/O ○	53.5
Ohi #3 (1,180MWe)	S/E □ 4 F/C ○ 28 R/V ○ 8.5 CHT ○ 6.5 F/L ○ 8.5 C/O ○	51.5

주: S/E: 건설 시작 F/C: 첫 콘크리트 타설 R/V: 원자로 설치 CHT: 상온 수압 시험 F/L: 핵연료 장전 C/O: 상업 운전

(그림 2) 일본의 대용량 PWR 원전 건설 공기

Plant	Construction Schedule	Period(Months) (I/F~C/O)
Kashiwazaki Kariwa #1 (1,100MWe)	S/C — 18 — I/F — 7 — PCV — 10 — L/T — 20 — RPV — 9 — H/T — 8 — F/L — 10 — C/O	64
Kashiwazaki Kariwa #2 (1,100MWe)	S/C — 23 — I/F — 7 — PCV — 10 — L/T — 16 — RPV — 9 — H/T — 7 — F/L — 11 — C/O	60
Kashiwazaki Kariwa #3 (1,100MWe)	S/C — 15 — I/F — 9 — PCV — 10 — L/T — 15 — RPV — 7 — H/T — 7 — F/L — 9 — C/O	57
Kashiwazaki Kariwa #6 (1,356MWe)	S/C — 17 — I/F — 6 — PCV — 20(21.5) — RPV — 7(8) — H/T — 7 — F/L — 8(9.5) — C/O	48 (52)
Fukushima II #3 (1,100MWe)	S/C — 2 — I/F — 5 — PCV — 23.5 — RPV — 8 — CHT — 7 — F/L — 9 — C/O	52.5

주: 1. S/C: 건설 시작 I/F: 첫 콘크리트 타설 PCV: 격납 용기 설치 L/T: 격납 용기 누출 시험 RPV: 원자로 설치 H/T: 고온 기능 시험 F/L: 핵연료 장전 C/O: 상업 운전  
 2. 가시와자키 가리와 6호기의 건설 공기 목표가 48개월에서 52개월로 변경됨

(그림 3) 일본의 대용량 BWR 원전 건설 공기

고 있다.

75년부터 86년까지 미국의 기술을 소화하여 통상산업성 주도로 3단계에 걸친 개량 표준화 사업을 추진하였으며, 86년부터는 경수로 고도화 계획을 추진중에 있다.

경수로 기술의 도입 과정에서 일본의 전력 회사와 제작 업체들은 경수로 기술을 소화·흡수하는 데 노력하였으며, 기기의 국내 공급과 원전 건설의 체제를 정립하였다.

일본의 원자력발전소 건설상의 특징으로는 철저한 반복 건설에 의한 경험 축적, 전통적인 팀워크의 개념, 끊임없는 새로운 공법 개발, 기계화

의 확대 도입 등으로 인하여 전세계적으로 가장 짧은 건설 공기를 나타내고 있다.

그 대표적인 예로서 PWR의 경우에는 오이 3·4호기, BWR의 경우에는 가시와자키 가리와 원전을 들 수 있다(그림 2, 3).

**오이 3·4호기 방문 결과**

**1. 발전소 현황**

오이 3·4호기는 4-loop 1,180 MWe의 가압 경수로형으로서 일본의 제2차 및 제3차 개량 표준화 계획의 성과를 반영하였으며, 부지 기초 압

반 조사 시점(첫 콘크리트 타설 시점 약 1.5개월 이전에 해당)부터 상업 운전까지 건설 기간이 51.5개월로서 대용량 가압 경수로로는 세계적으로 가장 짧은 기간 내에 건설된 기록을 가지고 있다.

오이 3·4호기는 원자로 건물, 터빈 건물 및 2기 공용 건물인 폐기물 처리 건물, 제어 건물로 구성되며, 원자로 건물은 격납 건물 및 원자로 주변 건물로 구성되고 공동 매트 기초로 설계되어 있다.

격납 건물은 내경 43m, 벽체 두께 1.3m, 돔 두께 1.1m, 내부 높이 64.5m의 PS 콘크리트 구조물로서

격납 건물 내부에는 두께 6.4mm의 철재 라이너가 부착되어 있으며, 설계 압력은 57psig이다.

원자로 주변 건물의 크기는 71.9m × 100m로서 차세대 원전의 공동 매트 기초 크기인 89.3m × 111.9 m에 비해 상대적으로 작으며, 원자로 주변 건물 내에 원자로 격납 건물 주위로 부압을 유지시키기 위한 별도의 구조물을 두어 부분적인 이중 격납 건물 개념을 채택하고 있다.

## 2. 주요 건설 공법 및 기술

가. 모듈 공법 확대 적용 및 대용량 크레인의 사용

오이 3·4호기의 경우 부지가 협소하므로 현장 제작 모듈 공법은 적용치 않고 현장 근처의 공장이나 제작장에서 대형 모듈로 제작하여 대용량 외곽 크레인을 이용하여 설치하였다.

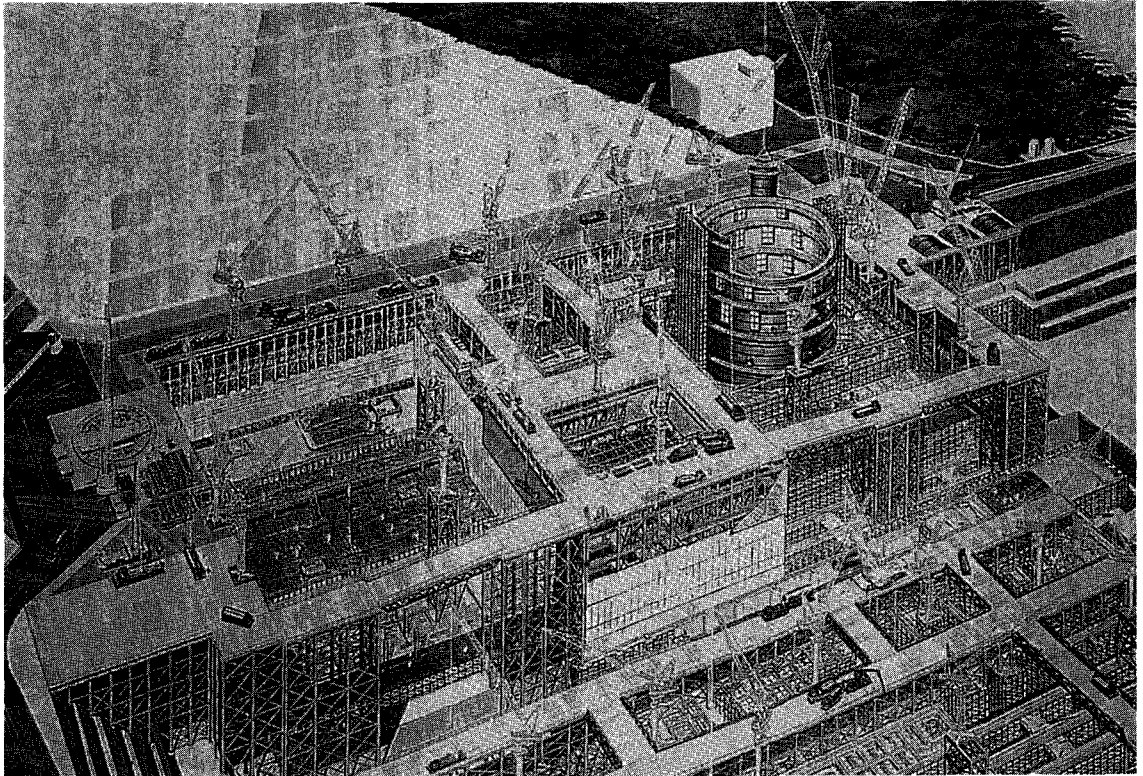
이전의 2,400톤-m 용량 대신에 11,000톤-m 용량의 대형 외곽 크레인을 도입함으로써 중량물 설치 공사를 용이하게 하였을 뿐만 아니라, 원자로 공동 라이너 플레이트 모듈, 격

납 건물 라이너 플레이트 모듈, 천정 크레인 거더, MS&FW 배관 모듈, 응축기 모듈 등 모듈 공법의 확대 적용을 가능하게 하였다.

따라서 옥외에서 제작되는 각종 기자재나 구조물의 선제작·선조립의 크기를 증가시킬 수 있으므로 병행 공법의 효과를 보게 되고, 이로 인해 전체 건설 공기를 단축시키는 데 크게 기여할 수 있었다.

오이 3·4호기에 적용된 주요 모듈 공법은 다음과 같다.

○ 배관 유니트 모듈(약 50개 적용)



〈그림 4〉 오이 3·4호기의 건설 모습

- 격납 건물 라이너 플레이트 모듈
- 중기 발생기 주위 벽체(7개 모듈) 및 가압기실 모듈(3개 모듈)
- 천정 크레인 거더 모듈(약 105톤)

나. 시공용 접근로(Jetty) 및 승강 접근로(Access Pit) 설치

오이 3·4호기는 부지가 협소하여 시공중 건설 장비 및 기기의 접근성을 확보하는 데 문제가 되므로 건설 계획 단계에서 원자로 주변 건물, 방사성 폐기물 처리 건물 등에 다수의 시공용 접근로를 구조물 설계에 반영함으로써 시공성 향상에 기여하였다(그림 4).

또한 발전 설비 건물 내로 다수의 승강 접근로를 설치함으로써 이동식 크레인의 활용성 증대, 건설 자재 및 기기의 이동성 향상, 건설 요원의 접근성 향상 등의 효과를 도모하였다.

다. Deck Plate 공법

Deck Plate 공법을 적용할 경우, 대형 동바리를 사용하여 간격을 넓게 함으로써, 통로 확보가 용이하고 기전 작업과 병행하여 토건 작업을 수행할 수 있으므로 기기의 조기 반입 및 설치가 가능해지는 효과가 있다.

또한 거푸집 및 동바리를 제작·설치할 필요가 없으므로 반출입 자재량을 대폭 줄일 수 있으며, 해체 작업에 필요한 시간과 인력 절감을 꾀할 수 있다.

오이 3·4호기의 경우 콘크리트

양생 기간, 작업 통로 확보, 동바리 해체 등의 작업량 감소와 병행 작업 추진으로 약 3개월의 공기를 단축하였다.

라. 자동 용접

종래의 발전소에서는 자동 용접은 단지 탄소강에 대한 Submerged Arc Welding에 대해서만 적용되고 Shielding Arc Welding, Tig Welding은 수동 용접으로 수행하였으나, 최근에는 자동 용접 기술이 발달되어 오이 발전소에서는 시공시 대부분의 용접 이음에 대해 자동 용접을 도입하여 품질 향상 및 공기 단축에 기여하였다.

마. 철근의 기계적 이음

오이 3·4호기에서는 대구경 철근 연결시 Cadweld 대신에 예폭시를 이용한 기계적 이음을 실시함으로써 기상 조건상 제약 조건을 향상시켰다.

가시와자키 가리와 5·6·7호기 방문 결과

가시와자키 가리와 원자력발전소는 우리에게 생소한 개량형 비등 경수로형 원자력발전소이지만, 건설성 향상 기법의 효율적 적용을 조사하기 위하여 96년 9월 19일 방문하였다.

1. 발전소 현황

가시와자키 가리와 원자력발전소는 도쿄로부터 북쪽 방향으로 약 300km 떨어진 가시와자키시와 가리와의 인접 경계 지역에 위치하고 있으며, 총면적 420만m<sup>2</sup>의 부지 내에 비등 경수로형 원자력발전소 7기를 수용하고 있는 대단위 원전(총용량 8,212MWe)으로서 주요 현황은 <표 1>과 같다.

1~6호기는 현재 운전중이고 7호

<표 1> 가시와자키 가리와 원전 주요 현황

호기번호	노형	용량(MWe)	공사기간			원자로 공급자	전력회사	비고
			착공	준공	소요개월			
1호기	BWR	1,100	80.5	85.9	64	도시바	도쿄전력	운전중
2호기	BWR	1,100	85.9	90.10	60	도시바	도쿄전력	운전중
3호기	BWR	1,100	88.10	93.7	57	도시바	도쿄전력	운전중
4호기	BWR	1,100	89.10	94.8	58	히타치	도쿄전력	운전중
5호기	BWR	1,100	85.4	90.4	60	히타치	도쿄전력	운전중
6호기	ABWR	1,356	92.7	96.12	52	도시바/GE <sup>2</sup>	도쿄전력	운전중
7호기	ABWR	1,356	93.3	97.7	52	히타치/GE <sup>3</sup>	도쿄전력	시운전중

- 주: 1. 기초 콘크리트 타설 시점(철근 배근 포함)
- 2. 터빈 발전기 공급은 히타치/GE 컨소시엄
- 3. 터빈 발전기 공급은 도시바/GE 컨소시엄

기는 시운전중에 있으며, 특히 현재 운전 및 시운전중인 6·7호기는 세계 최초로 건설되는 ABWR로서 경제성을 향상시키기 위해 발전 용량의 증대, 건물 체적의 감소, 건설 공기의 단축 등을 도모하였다.

미국의 GE사와 일본의 도시바 및 히타치사가 공동으로 기자재 공급, 기전 분야 설계 및 시공을 담당하고, 토건 분야 설계 및 시공은 6호기의 경우 가시와사, 7호기의 경우 시미즈사가 담당하였으며, 제1차 및 제2차 개량 표준화 성과를 바탕으로 최신 설계 개념이 반영된 ABWR을 건설하게 되었다.

가시와자키 가리와 발전소 부지는 겨울철에 강설량이 많고, 극심한 내진·기상·해상 조건 등 입지 조건을 고려하여 반지하식 구조로 된 독특한 설계가 적용되었으며, 건설 공법에서도 전천후형 건설 공법을 적용하는 등 설계 건설의 합리화를 도모하였다.

후속 발전소인 2~5호기까지의 발전소 건설 계획시 1호기의 건설 실적을 바탕으로 설계 개선, 공법 변경 등을 통하여 약 60개월의 건설 기간이 소요되었으며, 1,300MWe급 ABWR 발전소인 6·7호기의 경우 건설 기간을 당초 목표 공기인 48개월보다는 다소 지연되었으나 52개월 이내로 완료하는 것을 목표로 시행하고 있다.

## 2. 주요 건설 공법 및 기술

건설성 향상 기술 적용은 건설 공기의 단축, 건설 비용의 절감, 품질 향상, 작업 안전성 제고 등을 도모하기 위하여 추진되었으며, 발전소 주위 부지 여건, 토건 분야 설계/시공사의 선호 공법 등에 따라 발전소마다 달리 적용하고 있다(표 2).

가시와자키 가리와 원전에 적용된 주요 건설 공법은 다음과 같다.

### 가. 모듈 공법의 확대 적용

가시와자키 가리와 4호기 건설 계획시 히타치사는 도쿄전력과 함께 대용량 크레인 적용에 대한 타당성 검토를 시행하여 대형 이동식 크레인인

1,000톤 용량의 Lampson 크레인을 구입하였으며, 4호기부터 7호기까지의 건설에 적용하였다.

가시와자키 가리와 원전 건설시 적용된 주요 모듈 공법은 다음과 같다.

- 철제 격납 용기 모듈(1~5호기)
- 격납 건물 라이너 플레이트 모듈(6·7호기)
- 원자로 압력 용기(750톤)
- 격납 건물 내부 구조물 모듈
- 복수기 모듈(308톤)
- 주제어실 모듈(438톤)
- 철근 조립 모듈
- 강구조 트러스 지붕 모듈(270톤)

(표 2) 가시와자키 가리와 원전별 신공법 적용 현황

공법 적용 목적	시공 방법	호기별 적용 현황						
		#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
병행 시공에 따른 공기 단축	대형 블록 시공	x	x	x	◎	○	○	◎
	대형 옥외 크레인에 의한 원자로 압력 용기(RPV) 설치 공사	○	○	○	○	○	○	○
	Deck Plate 시공	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	원자로 격납 용기 제작 설치	○	○	○	○	○	○	○
현장 작업성 향상 및 정밀 시공	전천후형 건설 공법	x	○	◎	x	x	◎	x
	자동 용접기의 사용	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	전기 케이블 포설 장비 사용	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	자동 배근기 사용	x	○	○	○	○	○	○
현장 작업 물량 감소	철근 기계 이음 장치 사용	○	○	○	○	○	○	○
	원자로 내부의 공장 조립	○	◎	◎	○	○	◎	○
	RPV 내부의 공장 조립	○	○	○	○	○	○	○
	기기 배관의 유니트화	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	철근·철골의 사전 조립	x	x	x	◎	○	○	◎
기 타	복합 Slab 시공	x	x	x	○	○	x	○
	수직 굴착 공법	○	○	○	○	○	○	○
	Rotating Derrick 사용	○	○	○	○	○	○	○

주: ○: 적용 ◎: 확대 적용 x: 미적용

나. 전천후형 건설 공법(2·3·6 호기에 적용)

일반적으로 시공중에 어떤 이유로 인해 공백이 발생할 경우, 작업 생산성이 10~15% 떨어진다고 본다.

가시와자키 가리와 2호기의 경우 여름 동안 80% 이상의 생산성 향상 효과를 거둔 실적이 있으며, 가시와자키가 본 공법에 대한 경험이 많다.

가시와자키 가리와 발전소 2호기에 사용되었던 전천후 공법이 3·6 호기에는 면적의 확대 및 개선된 지붕 건설 공법 등으로 확대 적용되었다.

적용된 전천후 건설 공법은 Kajima Air Cushion이며, 본 공법은 Double-membrane Pneumatic Roof 구조로서 구조용 철제 프레임과

함께 격납 건물 지역에 설치되었다.

특히 6호기의 경우 비교적 좁은 부지 여건, 시공사의 경험 등을 고려하여 전천후형 건설 공법이 적용되고, 7호기의 경우는 넓은 부지 여건, 모듈 공법에 대한 시공사의 경험에 따라 대규모 모듈 공법으로 건설되어 건설 공법상 전혀 다른 접근 방법을 채택한 것이 이채로웠다.



가시와자키 가리와 6·7호기 건설 모습



다. Deck Plate 공법

가시와자키 가리와 원전 건설시에도 상당 규모의 Deck Plate 공법을 채용하여 토건 공사시 동바리 및 거푸집 작업을 시행할 필요가 없었으며, 슬라브 하부에서는 토건 공사와 병행하여 기전 공사가 동시에 착수할 수 있게 되어 공기 단축을 도모하였다.

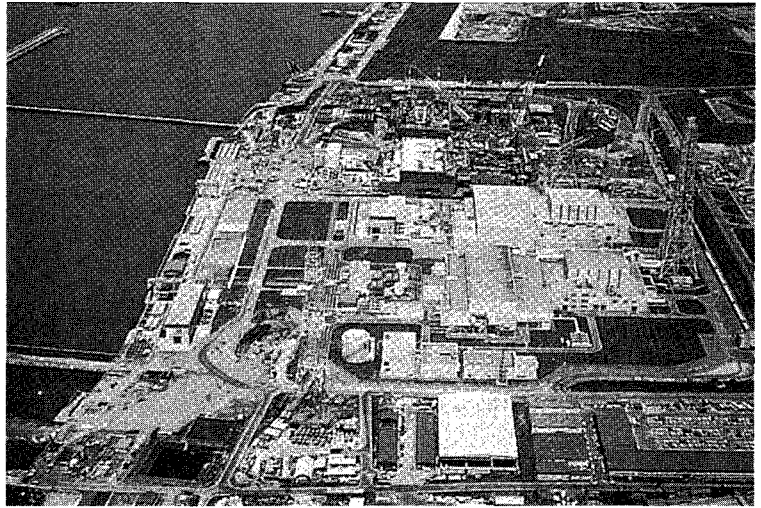
라. 수직 굴착 공법

국내 대부분의 굴착 공사가 Bench Cut 공법(혹은 Open 공법)을 도입하고 있는데 비해, 최근에 건설되는 일본 원전의 경우 건설 접근성 향상 및 협소한 부지를 최대한 활용하기 위해 수직 굴착 공법을 도입하고 있다.

수직 굴착 공법의 이점은 굴착 후의 부지의 청결 상태를 양호하게 유지시킬 수 있을 뿐만 아니라, 시공 면적이 차지하는 공간을 최소화시켜 인력이나 기자재 이동 시간 절약은 물론 옥외 자유 공간을 최대한 제공해주는 효과가 있다.

마. 전선 연결 단자함 설치(Connecting Terminal Cabinets)

가시와자키 가리와 원전의 경우, 주제어실에 설치된 주제어반과 Local Panel을 연결시켜 주는 'Connecting Terminal Cabinet'을 설치하여 주제어반이 도착하기 전에 포설된 전선의 연결 작업을 착수할 수 있을 뿐만 아니라, 주제어반의 성능 시험을 현장이 아닌 제작 공장에



가시와자키 가리와 원전 단지 전경

서 할 수 있어 품질 향상에 상당한 기여를 하였다.

맺음말

일본의 경우 발전소 건설성 향상 및 건설 공기 단축을 도모하기 위해 다음과 같은 주요 건설 공법을 적용하고 있다.

- 모듈 공법을 확대 적용
  - 전천후 건설 공법
  - Deck Plate 공법 확대 적용
  - Common Mat 적용 등에 따른 시공 접근성 향상 공법 채용 (Jetty, Access Pit 설치 등)
  - 기타 신기술 및 공법(자동 용접, 철근 이음 방법 등)
- 위와 같은 설계 및 건설 공법 관련 사항 이외에도 건설 공기를 단축할 수 있는 주요 요인으로 다음 사항을 들 수 있다.
- 발전소 내 대부분의 기기는 해당

주기기 공급사에서 제공되는 것으로 알려졌으며, 주기기 공급사가 토건 설계 회사와 긴밀한 협조하에 건설 순서 및 공법을 사전에 확정함으로써 일관된 건설 추진 및 설계에 필요한 Vendor Interface가 최소화되도록 사업 관리 시행하고 있다.

○Project Management System 이 단순하고, 기본 설계 이전 단계부터 시공 회사가 설계에 참여함으로써 건설 순서 및 공법에 대한 일괄적 추진이 가능하다.

○발주 회사, 제작사 및 토건 분야 설계 회사(시공도 포함)간에 긴밀한 협조 관계 아래 일관된 건설을 추진하며, 건설성 향상을 도모하기 위하여 기본 설계 단계는 물론 설계 이전 단계부터 발전소 건설에 대한 종합적인 마스터 플랜을 구축하고 있다. 즉 발전소 기본 설계 단계에서부터 주기기 공급사의 주도적인 역할하에 토건 분야 설계 회사와 시공성 검토됨을

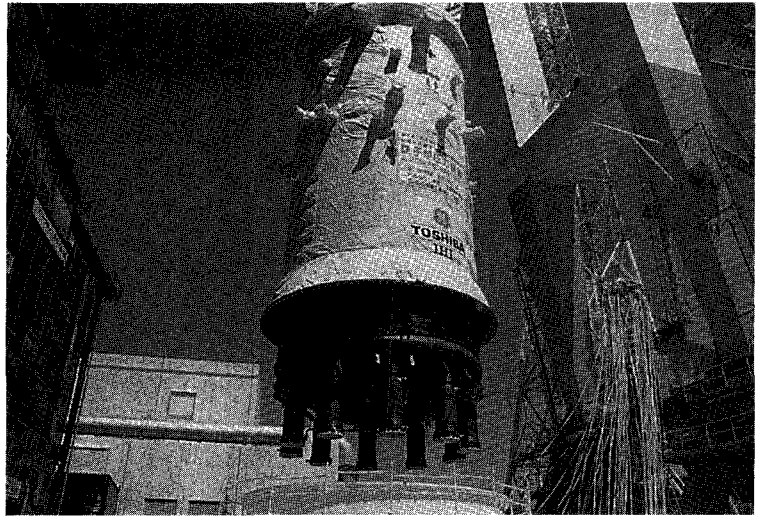
구성하여 발전소 배치 설계 등 각종 주요 설계를 긴밀한 협조하에 시행하고 있다.

○일본의 원전 건설 공기 단축 주요 배경을 요약하면 다음과 같다.

- 단순한 계약 구조
- 새로운 건설 공법의 지속적인 개발 및 적용
- 반복 건설에 의한 경험 축적
- 기술의 계열화 및 체계화 유지
- 작업 공간 이용 기술 확대
- 노동에 대한 사회·문화적인 근면성 보유
- 요소 기술 개선에 의한 단기적 전략보다 반복 경험에 의한 장기적 전략에 중점
- 관련 회사들이 공기 단축으로 인한 혜택을 공유할 수 있게 계약적인 보완 조치 시행
- 일본 내 산업 구조 특성상 기술의 공유화가 유지될 수 있어 회사별 기술이 평준화되어 있고 이로 인해 회사별 간섭 사항이 최소한으로 발생

원전의 건설 공기를 단축하기 위해선 특정 분야에 대한 개선만을 통하여 이루어질 수 없으며, 원전 건설과 관련된 사업 수행 구조, 조직, 계약 체계, 설계 및 제작, 신기술 및 신공법, 사업 관리 시스템, 인허가 등 종합적인 연계 분석이 필요하다고 판단된다.

즉 일본의 경우 공기 단축을 도모하기 위하여 시공성 검토팀의 조기



가시와자키 가리와 6호기의 원자로 모습

발족에 의한 시공 순서 및 공법의 사전 확정, 건설성 향상을 도모하기 위한 여러 공법의 채택 등으로 인하여 다른 나라에 비해 건설 비용은 상대적으로 비싸다.

하지만 건설 기간의 단축에 따른 건설 이자의 절감, 발주자 및 시공사 등의 간접 비용의 절감 등으로 인하여 오히려 유리하다고 판단하고 있다.

이러한 건설 비용의 상대적 고가에도 불구하고 전력 회사, 제작 회사 및 토건 분야 설계/시공 회사간에 긴밀한 협조하에 건설성 향상을 기하고 있는 상관 관계는 우리나라의 건설 및 설계 관행과 상당한 차이가 있다고 느꼈다.

따라서 특정 분야에 대한 경비 절감 노력은 전체적으로 볼 때 오히려 건설 비용의 증가를 나타낼 수 있으므로, 종합적인 검토를 통하여 기존의 관행에서 개선이 필요한 사항을

도출하여 이에 대한 적절한 대응이 필요한 것으로 판단된다.

일본의 경우에도 원전 설비를 위한 신규 부지 확보는 상당히 어려운 실정이다.

이에 따라 원전에 대한 일반 국민 홍보에 상당한 관심을 기울이고 있으며, 오이 3·4호기, 가시와자키 가리와 6·7호기 등 최신 원전의 경우 주제어실, 핵연료 취급 시설 등의 발전소 내부를 관찰할 수 있는 관람 시설을 많이 갖추고 있고, 출입 통제 건물 등 출입이 많은 시설에 대해서는 간접 조명을 설치하는 등 대민 홍보 측면에서 상당한 노력을 하고 있다.

따라서 우리나라에서도 이러한 사항에 대해서 적극적으로 검토할 필요가 있으며, 특히 현재 개발중인 차세대 원전에서는 대민 홍보 차원에서 적극적으로 반영할 필요가 있다고 판단된다. ☞