

APR1400 발전소 배치 특성

윤순철·최일남
한국전력기술(주) 차세대원자로사업

서론

APR1400은 국내 최초로 설계·개발된 대용량 개량형 경수로로서 4 Train 안전 계통 적용을 위해 보조 건물 Quadrant 배치, 격납 건물 내 IRWST 배치 및 양호기 공용 복합 건물 배치 등 기존 원전 배치를 대폭 수정, 개선한 배치 설계를 수행함으로써 원전 선진국과 대등한 기술 능력을 확보할 수 있는 기

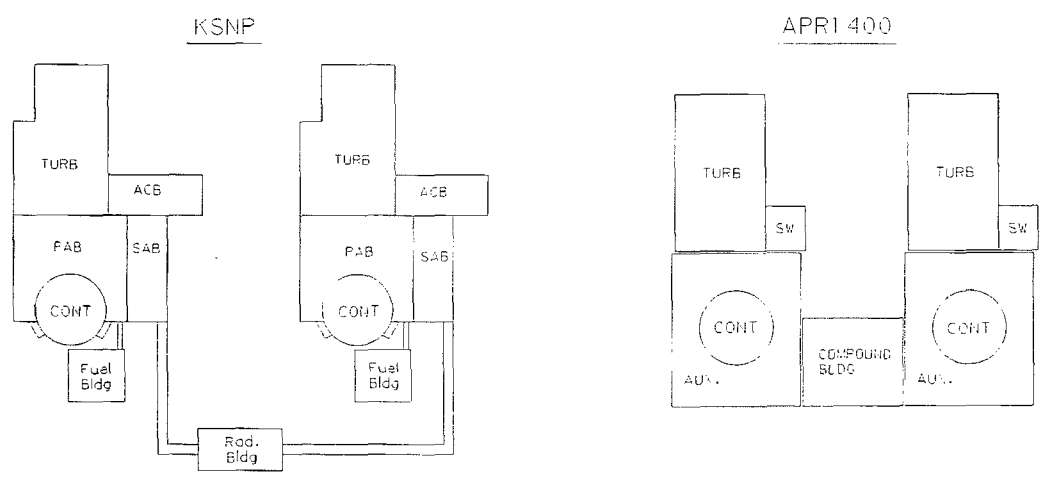
반을 조성하는 데 크게 기여하였다. APR1400 발전소 배치 설계 개발은 주요 계통, 구조물 등에 대하여 포괄 부지 특성을 감안한 발전소 배치 개념을 정립하고 안전성 및 경제성을 겸비하여 해외 사업 진출 기반을 구축하는 최적 설계로 타에너지원에 대한 경제성 우위 확보를 기본으로 함은 물론, 최종적으로 표준 설계 인가 취득을 그 목표로 하고 있다.

주요 설계 특성

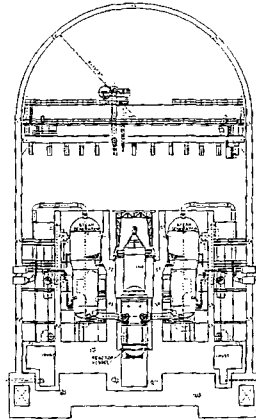
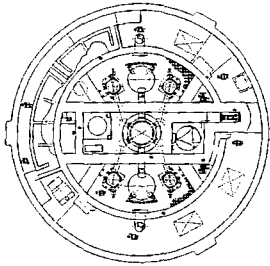
1. APR1400 건물 구성

발전소 부지 활용도를 증진하고 기기 배치의 최적화를 위해 보조 건물은 원자로 건물을 둘러싼 형태의 4분할 배치(Quadrant), 그리고 운전 편의성 향상을 위해 양 호기 사이에 복합 건물을 배치하였다.

〈그림 1〉은 KSNP(울진 3·4)와 APR1400의 건물 배치 형태 및 구



〈그림 1〉 발전소 배치 형태 비교



〈그림 2〉 원자로 건물 기기 배치 형태 (Plan & Section)

성을 보여주고 있으며, APR1400 2개 호기 기준의 건물 구성은 아래와 같다.

- Nuclear Island : 원자로 건물, 보조 건물, 복합 건물
- Turbine Island : 터빈 건물, 스위치 기어 건물
- Site Specific : 상기 시설을 제외한 나머지 설비

2. 원자로 건물

APR1400 원자로 건물은 직경 150ft(벽 두께 4ft)에 229.5ft의 높이를 갖는 Pre-stressed 콘크리트 단일 원통형으로 구성되며, 사고시 원자로 건물 살수집수정과 재장전수 저장 탱크간의 모드 변경 필요성 제거 및 신뢰성 높은 냉각수원의 지속적인 제공으로 안전성을 제고하기 위하여 핵연료 재장전 수조를 원자로 건물 내부에 배치(IRWST)하

고 있다.

또한 증기발생기의 일체식 교체(One Piece Removal)가 고려되었고, 중대 사고 완화를 위한 원자로 공동의 바닥 면적 증가(0.02 m²/MWth), 노심 파편 수집실을 추가 설치하는 등 원자로 공동의 기하학적 구조를 개선하였으며, 운전 보수성 향상을 위해 원자로 건물의 운전층과 보조 건물 및 핵연료 설비 구역의 운전층 Level을 일치시켰다.

〈그림 2〉는 APR1400 원자로 건물의 배치 형태를 보여주고 있으며, APR1400 원자로 건물의 배치 특성은 다음과 같다.

- Free Volume 요건 충족
- 핵연료 재장전 수조를 원자로 건물 내부에 배치(IRWST)
- 중대 사고 완화를 위한 원자로 공동 구조 개선
- In-Vessel Retention(IVR)

적용 방안 확보

- 증기발생기 일체식 교체 방안 확보
- 안전 감압 설비(POSRV) 도입

3. 보조 건물

APR1400 보조 건물은 원자로 건물을 완전히 둘러싼 Wrap-around 형태로서 4 Train Safety System에 적합한 Quadrant 분리 개념으로 설계되어 있으며, 올진 3·4호기의 2차 보조 건물 및 핵연료 건물을 보조 건물로 통합 설계하였다.

비상 디젤 발전기 및 관련 설비를 보조 건물 내에 수용하여 배치한 지하 2층과 지상 5층의 건물 형태를 취하고 있다.

APR1400 보조 건물은 원자로 건물과 공동 매트 기초로 설계하여 내진성을 제고하고, 전층에 걸쳐 방사선 구역과 비방사선 구역을 완벽하게 분리함으로써 피폭 저감, 오염 확산 방지, 접근성 등을 향상시켜 발전소 종사자들에 대한 환경을 개선토록 하였다.

특히 원자력발전소에 대한 대국민 공감대 조성을 위한 계획의 일환으로서 주재어실, 핵연료 취급 설비 구역, 터빈 운전층을 관람할 수 있는 관람 구역 및 관람 코스가 설정되어 있다.

〈그림 3〉은 APR1400 보조 건물의 배치 형태를 보여주고 있으며,

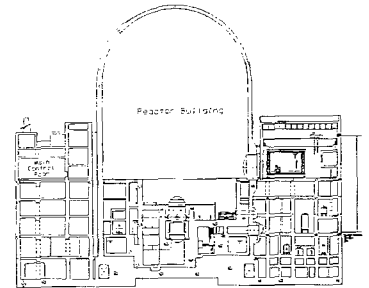
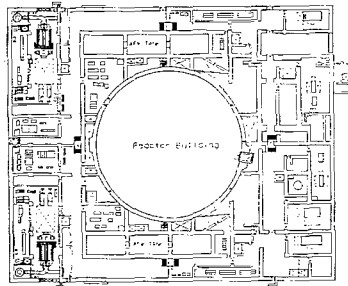
APR1400 보조 건물의 배치 특성은 다음과 같다.

- Quadrant 형태 (4Train의 완전 분리)
- 보조 건물이 원자로 건물을 둘러싼 형태 (Wrap-around)로 설계
- 1·2차 보조 건물 및 핵연료 건물을 보조 건물로 통합 설계
- 원자로 건물과 보조 건물을 공동 매트 기초로 설계
- 보조 건물 내 방사선 구역과 비방사선 구역을 완전하게 분리
- 안전 등급 보조 급수 탱크를 건물 내 수용
- 비상 디젤 발전기를 보조 건물 내부로 수용
- 첨단 주제어실(Advanced Control Room) 채택
- 고에너지 구역의 집중화
- 바닥 배수 및 기기 배수의 분리 수집
- 방문자 관람 구역 설치(핵연료 취급 구역, 주제어실, 터빈 운전층)

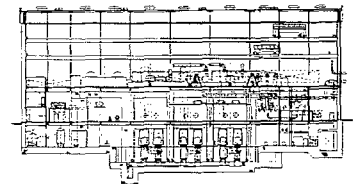
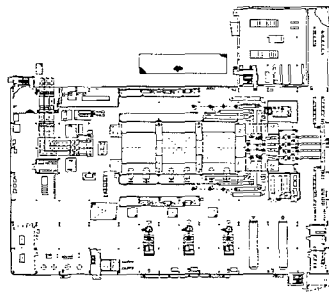
4. 터빈 건물

APR1400 터빈 건물은 원자로 건물에 대한 방사상 배치 형태로서 보조 건물에 인접한 장방형 형태로 구성하였다.

터빈 건물은 국내 최초로 52" LSB(약 30% 효율 향상 기대)를 채택하고 선행 호기 개선 요구 사항과



〈그림 3〉 보조 건물 기기 배치 형태(Plan & Section)



〈그림 4〉 터빈 건물 배치 형태(Plan & Section)

경험 기술을 반영하였다. 특히 증기 발생기 취출 계통을 보조 건물로 이전하여 터빈 건물 내 잠재적 오염 가능성을 최소화토록 하였으며, 스위치 기어들을 별도의 스위치 기어 건물로 집중화하여 터빈 건물 내 공간 활용도의 향상 및 전기 기기들에 대한 운전 보수성 등의 향상을 도모하였다.

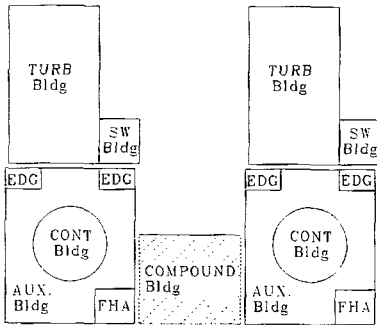
〈그림 4〉는 APR1400 터빈 건물의 배치 형태를 보여주고 있으며, APR1400 터빈 건물의 배치 특성은 다음과 같다.

- 원자로 건물에 대하여 방사상(Radial)으로 배치

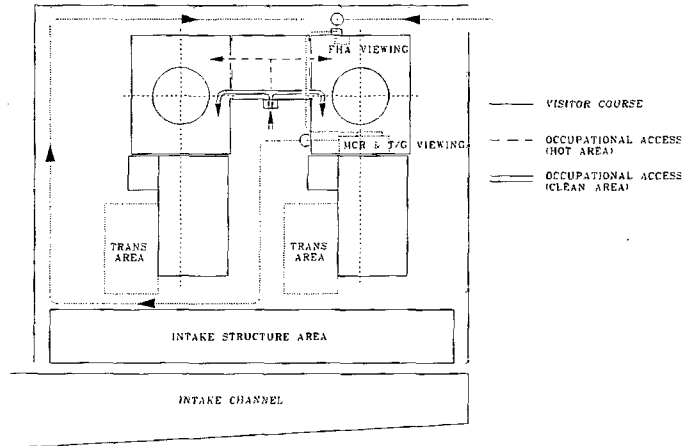
- 저압 터빈 52" LSB 채택
- Switchgear 건물의 별도 설치
- 터빈 건물은 보조 건물과 별도의 단독 매트 기초 사용
- 판형 TBCCW 열교환기 배치 (TBOCW 펌프 삭제)
- 터빈 건물의 지하층 일부를 지하 공동구로 활용

5. 복합 건물

APR1400 복합 건물은 발전소의 운전 편의성 향상을 통해 운영성 제고를 유도할 수 있도록 양 호기 중앙에 일부 설비를 공유하는 형태로, 발전소 비상 운영 지원실(OSC)



〈그림 5〉 복합 건물 위치



〈그림 6〉 APR 1400 동선 계획

을 복합 건물 내부에 배치하고 있다.

〈그림 5〉는 APR1400 양 호기 사이의 복합 건물의 위치를 보여주고 있으며, APR1400 복합 건물의 통합 기능은 다음과 같다.

- 출입 통제 건물
- 방사성 폐기물 처리 건물
- 방사성 기기 공작실
- 1차 및 2차 시료 채취 및 실험실
- 비상 운영 지원실(OSC) 배치

6. 관람로 설정

APR1400은 특정 부지가 아닌 포괄 부지 개념으로 설계되고 있으며, 기본적으로 발전소 종사자와 방문자 동선을 구분하여 동선의 상호 간섭을 최소화함으로써 근무 환경은 물론 방문자들에게 쾌적한 발전소를 보여 주게 되어 대국민 홍보에

긍정적인 효과가 기대된다.

발전소 방문자는 방문자 전용 엘리베이터를 이용하여 핵연료 취급 지역 관람 장소까지 이동한 후 내부에 설정된 관람로를 따라 핵연료 취급 지역, 주제어실 및 터빈 건물 운전층을 관람한 후 보조 건물 엘리베이터를 이용하여 지상층으로 내려오게 된다.

지상에서는 발전소 외부 관람로를 따라 2개 호기의 발전소 외부를 볼 수 있다. 〈그림 6〉은 APR 1400 동선 계획을 나타내고 있다.

결론

최신의 규제 요건을 만족하고 각종 안전 설비와 신개념의 배치로 설계한 APR1400은 1,000MWe급 기존 원전 정도의 부지 면적이 필요한 것으로 예상된다.

안전성·경제성 측면에서 APR 1400은 설계 기본 요건의 목표치를 만족하는 것으로 평가되었으며, 건설성 측면에서도 선진국 수준의 목표 달성이 가능한 것으로 판단되었으나 APR1400이 원전 건설 시장에서 보다 확고한 우위를 유지하기 위하여 지속적으로 건설성 향상 방안을 모색해야 하며 창조적인 사고를 통해 새로운 개념이 도출될 수 있도록 힘써야 한다.

APR1400은 상세한 후속 설계가 진행됨에 따라 궁극적으로 안전성·경제성·건설성 및 신뢰성 등의 목표 만족 차원을 넘어 국내 원전 산업의 국가 경쟁력 확보와 원전 선진국으로서의 위상을 갖추는 데 필수 불가결한 요소임을 인식해야 할 것이다. ☉