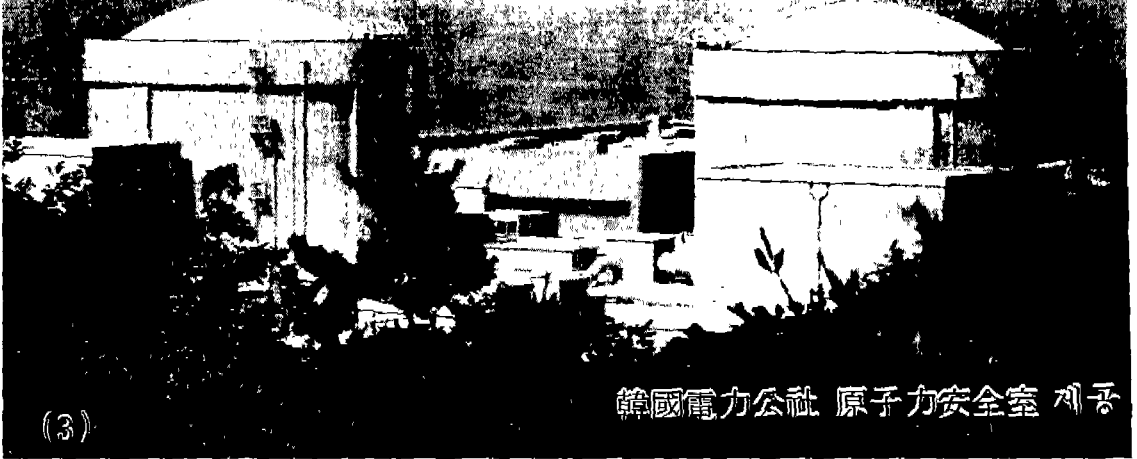


原子力發電과 環境安全



Ⅲ. 機器製作 및 建設

원자력발전소는 무수히 많은 기기와 부품을 가지고 발전소를 운영하고 있음에도 불구하고 완벽하고 안전한 성능으로 발전소가 기능할 수 있는 것은 건설과정은 물론 설계 및 제작 등 매 단계마다 안전성과 신뢰성이 확보되는 방향으로 최선의 방법과 절차에 따라 업무가 추진되고 있기 때문이다.

이러한 일련의 방법과 절차는 공정 계획에 따라 수행되는데, 발전소를 얼마나 완벽하게 건설하여 안전하게 운영할 수 있는가는 체계적이고 철저한 공정계획에 따라 결정된다고 말할 수 있다.

이러한 공정은 크게 立地確保, 認許可, 現場施工 및 主機器 供給課程으로 구분하고 있으며 이에 대한 각각의 세부 기술내용은 다음과 같다 (단, 인허가 과정은 제5장 원자력 안전규제에서 세부적으로 자세히 설명하고자 한다).

1. 立地確保

발전소 입지는 敷地 環境影響評價 및 細部地質 調査 등에 의해서 원자력발전소 건설에 적합한

것으로 판정된 부지에 대해서 착수된다. 공공용지의 취득 및 보상은 공공용지의 취득 및 손실보상에 관한 특례법, 전원개발특례법 및 토치수용법에 정하는 보상기준과 절차에 따라 수행하고 있다. 그러나 이는 국민의 재산권에 직결되는 사항인만큼 관련 法令을 숙지하여 건설부지의 조기 확보는 물론 국민의 재산권 보호의 상대적 측면을 조화있게 다루어 부지를 확보해 자가고 있으나 최근에 거세게 불고 있는 반원전 운동으로 인하여 새로운 부지확보에 상당한 어려움을 겪고 있다.

2. 現場施工

현장시공 내용은 선정된 입지와 건설하려는 발전소의 종류 및 규모에 따라 공사의 내용, 소요 비용 및 공사기간 등이 각각 상이하다.

즉, 하천수의 낙차를 이용하기 위한 水力發電所, 간만위 차를 이용하기 위한 潮力發電所 및 揚水發電所는 토목공사가, 火力發電所나 原子力發電所는 기계설치공사와 전기설비 설치공사가 주요한 공사가 될 수 있으나 원자력발전소는 안전성의 중대성에 비추어 볼 때 어느 공사도 소홀히 시공할 수 없으므로 완벽한 시공계획 및 설계

요인에 따라 철저하고 치밀하게 수행되어야 할 것이다. 다음은 각각의 공사에 대한 현장시공 내용으로 이를 土木工事, 建築工事, 機械工事 및 電氣工事로 구분하여 개략적으로 설명하고자 한다.

가. 土木工事

토목공사는 부지 정지 및 기초굴착공사, 진입로 개설공사, 해안매립 및 호안축조공사, 취배수 구조물 설치공사로 분류한다.

이러한 토목공사는 설치되는 기기의 종류에 따라 다소 상이한 기초공사를 수행토록 하고 있으나 원전의 경우 안전성 측면에서 내진등급을 설계에 고려하고 있기 때문에 다른 발전소보다 더 완벽하고 엄격하게 토목공사를 시공하고 있다.

즉, 해수에 의한 염분의 영향을 최소화하여 내구성을 좋게 하기 위하여 耐黃酸 시멘트를 사용하며, 격납건물 등과 같이 방사성 물질을 차단해야 하는 건물에 대한 품질보증시험은 일반시험 외에 엄격한 특수시험들이 추가되고 있으며, 타설되는 콘크리트에 대한 압축강도도 측정하여 기술기준치 이상임을 확인토록 하는 등의 발전소의 안전성과 직결된 시험을 수행토록 하고 있다.

또한 岩盤굴착작업 및 發破時 운전중인 발전소나 인접공사에 지장을 주지 않도록 발파시마다 진동측정기를 설치하여 충격을 기록, 검토 하고 있으며 대용량 콘크리트 타설후에는 養生期間을 고려하여 발파를 약하게 여러번 나누어 수행하는 등 세심한 부분까지 주의를 하여 공사를 추진한다.

나. 建築工事

원자력발전소 건축공사시 가장 중요한 요건은 방사선으로부터 주변지역주민 및 방사선작업 종사자를 보호하기 위하여 충분한 두께의 철근 콘크리트 구조물로 타설하여야 한다는 것이다.

따라서 사전에 예상되는 방사선에 의한 영향을 평가하여 구조물의 두께 및 크기를 결정하도록 하고 있다.

원자로 건물의 경우, 약 120cm 정도 두께로 콘크리트 벽을 설치하고 있으며 3.8cm정도 두께의 철판을 사용하고 있다. 기타 보조건물, 핵연료건물, 방사성폐기물 처리건물 등도 방사선에 의한 영향을 고려하여 충분한 두께로 건축물을 施工토

록 하고 있다.

다. 機械工事

원자력발전소의 기계공사중 방사선지역에 위치하지 않는 터빈, 발전기, 復水器, 급수 및 순환수 펌프 등과 같은 회전기기의 설치 및 관련 配管工事は 화력발전소의 경우와 거의 비슷하나 방사성 물질을 취급하는 원자로 및 관련계통의 기기, 배관에 대해서는 기기 설치전 및 설치 후에 실시하는 여러 단계의 특수시험(비파괴시험, 수압시험, 기계시험, 화학분석시험 등)을 통하여 설계온도 및 압력하에서 충분한 내구성을 가지고 동작할 수 있는가를 확인할 뿐만 아니라 기계작동 및 운전으로 인해 방사성 물질이 기계 외부로 유출되지 않는 것을 보증하도록 한다.

라. 電氣工事

전기공사는 전기기기 설치 및 結線工事, 屋外開閉器機工事 및 計裝設備 設置工사로 구성된다. 그중 전기기기 설치, 결선공사 및 옥외개폐기기 공사는 일반 화력발전소와 비슷하나 계장설비 설치공사에는 고도의 안전을 요하는 원자로설비로 인해 원자로보호계통 및 제어계통이 추가되며 이들이 발전소를 자동 및 원격으로 제어토록 하고 비상시 안전계통이 자동으로 동작할 수 있도록 하게 한다.

3. 기기制作 및 供給

원자력발전소에 설치되는 기기 및 부품은 한치의 오차도 없이 정밀하게 동작할 수 있도록 설치되어야 하기 때문에 사용된 기기 및 부품의 선정 및 제작에 신중을 기하여야 할뿐만 아니라 예비품 확보능력까지 검토하여야 할 것이다. 특히 원전에 사용되는 기기 및 설비는 품질을 보증할 수 있는 자격을 확보한 업체에 한하여 제작할 수 있도록 허가되기 때문에 안전성 측면에서 최우선적으로 고려하여야 할 중요한 사항은 品質管理概念의 確立이다.

즉, 제작되어 설치된 기기 및 설비 등이 수명기간동안 안전하게 운전될 수 있음을 입증하기 위하여 제반업무 수행의 기준 및 절차를 사전에 설정하고 설정된 기준과 절차에 따라 제작과정을

확인, 관찰한 후 검토 및 평가과정을 거쳐 품질을 보증하기 위한 것이다.

따라서 이같은 일련의 과정을 주도 면밀하게 수행하기 위해서 우선적으로 제작사들에 대한 제작능력, 공급실적, 기술사양서 및 기술자료를 평가하여 업체를 선정하게 되며, 선정된 업체는 기기제작을 위한 품질보증계획서를 제출하여 승인을 받은 후에 제작을 수행할 수 있으며 기기제작시 단계별 중요시점에 工場檢査나 中間檢査를 통해 품질을 확인할 수 있도록 되어 있다.

이러한 품질보증은 일반적으로 일정자격을 갖춘 검사자가 美國機械學會 기준 및 원자력법 요구사항과 각종 관련되는 기술기준을 만족하는가를 검사하고 있으며 제작사에 대한 지속적인 사후관리를 통해 설치된 기기와 동일한 품질의 예비품을 공급받을 수 있도록 하고 있다.

IV. 性能試驗

1. 概 要

건설 완료된 발전소는 정상운전을 시작하기 이전에 설계시 평가 및 예상하였던 성능을 만족하는지를 확인할 필요가 있다. 이러한 목적을 완벽하게 만족시키기 위해서는 보다 체계적이고 효율적인 프로그램에 따라서 性能確認이 수행되어야 한다.

즉, 전체 발전소 설비중 특히 안전성 및 放射線防護에 중요한 설비들이 당초 설계대로 제작 및 건설되어 설계에서 의도한 기능 및 성능을 발휘하는지를 입증해 보고 시험과정에서 도출되는 문제점들을 개선 및 보완조치할 수 있도록 하기 위해 試運轉段階에서 각종 시험을 수행하도록 한다.

동 시험계획 및 방법들은 사전에 정부 및 규제기관의 검토를 거쳐 승인을 득한 후에 수행하도록 하고 있으며, 시험결과도 역시 안전제한치나 기준치에 만족되는가를 확인하도록 되어 있다.

다음은 원자력발전소의 성능을 보증 및 확인하기 위해 발전소 가동전에 수행하는 시험으로 원자력형에 따라 다소 차이가 있으나 일반적으로 다음의 각 단계로 나누어서 수행된다.

○ 1단계 : 건설완료시험

○ 2단계 : 가동전시험

○ 3단계 : 초기 시운전시험

- 초기 핵연료장전시험, 임계전시험 및 영출력시험
- 저출력 노물리시험
- 출력 상승시험
- 인수 성능시험

2. 建設完了試驗

건설완료시험은 건설 완료단계를 성능시험계획의 초기 시점으로 규정하여 계통/기기의 설치완료에서부터 系統 引受時點까지로 한다.

이 단계의 시험은 건설시 설치된 기기 및 계통에 대한 기능을 점검하는 시험으로 관련기기 및 설비를 점검하여 제작사양을 만족하는가를 확인할 뿐만 아니라 배관, 기기의 청소 및 검사, 점검 및 조정, 모터류의 회전시험, 絶緣抵抗 및 高電壓試驗 등을 수행하도록 되어 있다.

3. 稼動前試驗

가동전 시험단계는 기기/계통 인수로부터 시작하여 초기 핵연료장전에 종료된다. 이 단계의 시험은 건설 인수시험과 가동전시험으로 구성되며 건설 인수시험은 先行部品試驗으로서 정식 가동전시험전에 실시된다.

가동전시험의 목적은 건설이 완료되고 설치된 기기 및 설비들이 설계목적과 기준에 충족되고 있으며 모든 설비 및 안전계통들이 다음 단계인 핵연료장전과 출력상승시험이 가능한 정도까지 운전 가능함을 입증한다.

4. 初期 試運轉試驗

초기 시운전시험 단계는 핵연료장전의 개시와 함께 시작되어 출력상승시험 완료시 종료된다. 이 시험들은 설계기준을 확인하고 발전소가 설계대로 운전되며 豫相過渡狀態와 假想事故時에 설계대로 응답하는가를 입증하기 위한 것이다.

가. 初期 核燃料裝填試驗

가동전 시험을 통해 안전설비의 최종 점검이

완료된 후 핵연료장전이 수행되며 핵연료장전시 原子爐心이 臨界에 도달하지 않도록 조치를 취한 후 작업이 수행된다. 핵연료 장전 완료후 기계 및 전기시험을 실시한 후 원자로를 안전하게 제어하고 보호하는 계통에 대한 시험을 수행하고 원자로 냉각수 계통의 운전조건도 점검한다.

나. 初臨界試驗

임계란 원자로에서 核分裂을 일으키게 하는 中性子の 생성 및 제거가 동일한 상태에 이르는 것을 말하는 것으로 원자로가 최초로 이 상태에 도달되는 것을 초임계라 한다.

원자로가 초임계에 도달되면 원자로의 물리적 특성이 核設計報告書에서 요구하는 動特性 및 안전특성을 만족하는지를 점검하고 원자로 출력을 서서히 상승시킨 후 電力系統에 병입한다.

계통에 병입한다는 것은 발전기에서 생산한 전기를 所外로 공급하도록 하는 것으로 최초 계통 병입에 따른 저출력 爐物理試驗도 이때 수행된다.

다. 出力上昇試驗

초임계 및 저출력시험이 완료되면 출력을 25%, 50%, 75% 및 100%로 상승시키면서 매 출력에서의 원자로 熱出力 및 노물리시험을 통해 계통 성능 및 원자로 안전성을 보증하는 한편 방사선 준위를 측정하여 설치된 遮蔽體 및 구조물이 충분한 방사선차폐기능을 확보하고 있는지도 측정한다. 또한 발전소 안전정지 여유 및 능력을 재확인하기 위하여 전출력 운전상태에서의 정지시험도 수행한다.

라. 引受性能試驗

출력상승시험이 완료된 후 발전소를 건설로부터 최종적으로 인수하기 전에 운전성능을 보증하는 시험으로, 이는 전출력으로 100시간 이상 연속적인 자동운전을 통하여 발전소가 定格 조건하에서 장시간 연속운전이 가능한가를 확인토록 하는 것으로 성능시험의 최종 과정에서 수행된다.

V. 綜合安全性 平價

원자력발전소 종합안전성 평가는 설계자가 설

계에 반영한 제반 기술적 사항들이 증대한 원자력 사고가 발생되더라도 주변주민 및 작업종사자를 충분히 보호할 수 있는 제반능력을 갖추고 있는지에 대하여 부지선정부터 운전까지의 각 단계에서 취해진 조치결과를 종합평가함으로써 원자로 설비가 전체적으로 어느 정도 안전한 것인가를 고려하여 평가하는 것이다.

원자로시설 또는 이것을 이용한 원자력발전소는 복잡하고 종합적인 시스템으로 이같은 시스템에 대한 안전성을 판단하기 위해서는 좀 더 계획적이고 체계적인 기술과 방법이 요구된다.

즉, 원자력발전소의 안전성을 부분적 또는 국지적인 안전성 목표를 평가한 것을 단순히 전체에 대한 평가로 확대 해석해서는 안된다. 즉, 부지선정에서 운전까지의 관계에서 각각 다른 단계에서의 역할이나 목표를 설정하여 각 단계의 목표가 周邊公衆의 보호라는 궁극적 목표에 대하여 유기적으로 연결되어 각 단계에 특징에 맞게 가장 합리적으로 배치되어야 비로소 “局部的 最適化”가 “全體的 最適化”와 일치할 수 있다는 것이다.

따라서 각 단계마다의 안전성 목표가 유기적으로 적절하게 연계되고 발전소 각 계통과 기기가 최적의 성능을 보장할 수 있도록 종합적인 안전성이 확보되도록 하고 있다. 이와 같은 안전성을 평가하는 기준은 보통 確率論的 危險度 평가방법을 사용한다. 확률론적 위험도 평가의 기본 개념은 정반대되는 2개의 발상을 통해 종합적 안전성을 고려하는 것으로 잠재적 위험에 대해서 위험의 정도와 발생할 가능성을 표시하는 지표인 위험도를 통해서 정량화된 위험의 정도를 나타내는 것이다.

확률론적 위험도 평가의 이점은 충분히 성숙된 이론으로서 개념이 명확하고 演繹性이 우수하기 때문에 원자로의 사고와 같은 복잡한 사건에서도 정확하게 적용만 하면 定量化를 기할 수 있으며 이 정량성 때문에 종합적 안전평가에 많이 이용되고 있다.

결국 원전안전의 궁극적 목표인 원자로 시설로부터 일반 공중의 생명, 건강, 재산을 보호하기 위해서 수행되는 이 평가는 설계기준 사고와 중대사고로 구분하여 수행된다.

(다음 號에 계속)