

프랑스原電의 設備老朽化管理

—原子力發電所 壽命延長方案—

프랑스電力廳(EdF)에서는 현재 운영하고 있는 加壓輕水爐型(PWR) 原電의 갑작스러운 運轉停止를 방지하기 위해서 設비의 노후化管理에 중점을 둔 原子力發電所 壽命延長어프로치를 추진하고 있다.

프랑스電力廳(EdF)이 프랑스 원전의 수명 연장 문제를 여러가지 방법으로 연구하고 있는 것 중에 미국과는 다른 두가지 독특한 특성이 있다.

첫째, 프랑스에 있어서는 수명기간제한에 대해 특별히 인허가와 연관되는 것은 없다. 운전 인가는 운전자에 의해 수행되는 검사결과나 입증에 의해 임시적이던 영구적이던 언제라도 철회될 수 있다.

둘째, 원자력발전네트워크의 중요성은 EdF를 특별한 위치에 올려 놓았다. 1990년까지 原子力은 전체수요 75%를, 2000년까지는 거의 80%를 공급하게 될 것이다.

이같은 두가지 특성 때문에 EdF는 발전소 해체시기를 늦추기 위하여는 수명을 연장하는 것 보다 設비의 노후화를 관리하는 것이 적절하다고 믿고 있다. 분명히 첫째 목적이 둘째 목적을 배제할 수는 없다.

노후화문제는 원자력발전네트워크가 아직 신흥기에 있을때 제기되어야 함에 틀림없으며, 이것이 바로 EdF가 발전소 수명평가프로젝트를 1985년말에 착수하게 된 동기이다.

壽命延長프로젝트

발전소 수명 연장과 관련하여 하나의 그룹(14개 구성기기)이 가장 주요한 것으로 선택되었다(표 참조).

이들기기는 근접의 어려움과 고가의 제품이므로 교체하는 것 보다는 발전소를 해체하는 것이 더 바람직하다고 할만한 것들이다.

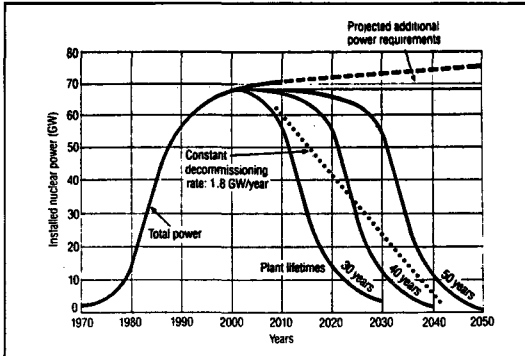
첫번째 작업은 각각의 주요 구성기기에 대한 수명평가자료, 즉 부하조건, 가동중 손상형태, 검사, 보수경험의 피드백(Feed Back), 보수 및 교체 가능성, 연구개발활동 등에 관한 것을 수집하는 것이었다. EdF의 주요계약자들이 이 작업에 참여했다.

기술보고서가 작성되었는데 여기에는 재료노후화 억제를 개선하는 목적의 제의서가 포함되어 있다.

두번째 작업은 여러 운전모드(부하추종, 주파수 제어) 및 성능개선을 추진해온 핵연료관리(1/4노심, 플루토늄 재사용)의 영향을 평가하는데 초점을 맞추었다.

세번째 작업은 수명관리를 위해 고려해야 할

〈그림〉발전소수명 30, 40, 50년에 따른 해체정책



〈表〉發電所수명과 연관되는 주요기기

○ 압력용기	○ 압력용기 내장품
○ 1차계통루프	○ 격납용기
○ 증기발생기	○ 터빈
○ RC 펌프	○ 발전기
○ 가압기	○ 제어실과 I & C
○ 클래스 1과 3 배관	○ 전기설비 및 케이블
○ 제어봉구동기구	○ 냉각탑

분류된다.

- 계획적으로 교체해야 할 기기류.
- 부분 또는 전체적으로 교체되어야 할 기기나 주요보수작업을 요하는 기기류 : 이러한 범주에는 다음의 기기들이 있다.

1) 증기발생기(열처리되지 않은 인코넬 600합금으로 만든 전열관)

2) 배관류-보조계통배관, 곡관부, 오스테나이트 강제품, 터빈로타 등

3) 전기케이블류

- 40년 설계수명을 보장해야만 하는 기기류 : 이 범주에 속하는 두가지 주요기기는 격납용기와 원자로 용기이다.

안전대책(일반수행분의 추가분)을 확인하는 것이었다.

그리고 끝으로 경제적 측면이 고려되었다.

豫備結論

초기의 4가지 작업을 기초로 한 본프로젝트 1 단계사업은 2년에 걸쳐 수행되어 1988년초에 완료되었다.

시작단계인 2단계사업은 약 2년에 걸쳐 권고사항을 정의하고 조치토록 하는 것이다. 1단계사업 결과 여러가지 문제점이 제시되었다.

壽命豫測의 타당성

수명예측은 설계기준해석 및 가동중검사를 토대로 하는 노후화현상 파악에 대해 유익한 것으로 생각된다.

그것은 주로 점진적인 변형현상, 점진적인 균열, 방사화에 의한 강철용기의 취성에 대해 관심을 갖게 한다.

주요 1차계통설비와 같이 상세한 기계적 해석을 하지 않는 소재(예 : 터빈)나 고니켈합금의 응력부식 및 오스테나이트 주강, 콘크리트, 전기절연 등의 노후화 등 손상모드가 잘 이해되지 않는 것에 대한 수명예측은 달라질 수 있다.

主要機器의 수명

일반적으로 주요기기는 다음의 세가지 범주로

運轉모드의 영향

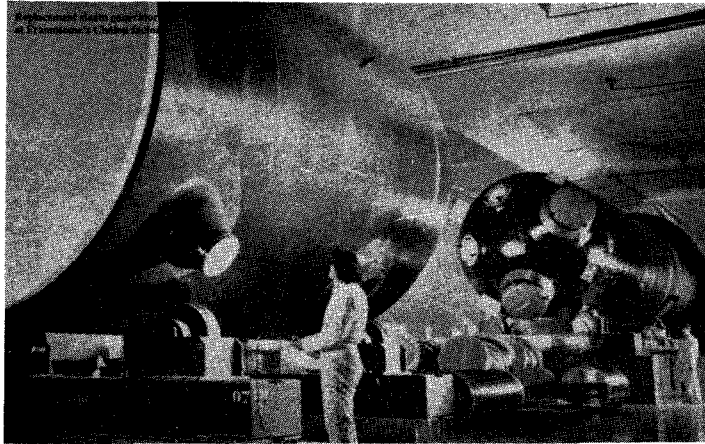
1차계통 소재의 수명예측은 현재 운전조건하에서 40년 수명기간과 일치한다(부하추종 및 주파수 제어).

그러나 궁극적으로 어떤 구역은 좀더 중요하게 감시되어야 한다. 이는 피로감시장치의 개발을 가져왔다.

그러나 가장 중요한 문제는 용기에 영향을 주는 핵연료관리방법의 변경에 따른 효과이다. 초기 설계값(5×10^{19} N/cm²)에 영향을 제한하는 보상운전방법이 고려되어야 한다.

安全側面

가장 오래된 몇기의 PWR 발전소는 오늘날의 규제요건에 적합하지 않은 설비들을 保有하고 있다. 이러한 부족함을 수정할 수 있다는 기대를 EDF는 갖고 있지 않으며, 수정할 수도



없다는 인식하에 그들 발전소는 40년 수명운전 기간을 연장하여 운전할 수 있다는 것을 안전규제당국으로 하여금 믿도록 해야 하는 것이 필수적인 사항이다.

특히, 노후화된 소재의 운전능력을 입증하는 표준이나 방법을 개발하는 것이 현명하다고 할 것이다. 이러한 중요과제는 “Recueil des Regles de Surveillance an Exploitation des Materials Report” (BWR에 대한 ASME SEC XI과 동등)의 틀내에서 다루어져야 할 것이다.

권고사항

민감한 소재에 관한 보고서는 본 프로젝트 목적을 이루기 위해 연구개발활동을 할 것을 추천하였다.

● 열적 및 기계적 부하해석

이들 분야는 감시방법을 개선하고 설계단계에서는 나타나지 않는 부하에 관한 연구, 즉 수력학적 동요에 의한 국소열수력현상(예: 배관의 열충리현상) 및 진동에 대한 것을 포함한다.

● 손상메카니즘

손상모델링은 다음의 분야에 대한 근본적인 연구개발을 요구한다. 원자로용기의 취성, 아직까지 확실한 해석이 되지 않고 있는 여러 기기의 열화(예: 증기발생기, 원자로용기내장품, 터빈부품 등), 즉 응력부식, 소재의 열화(예: 오스테나이트강, 콘크리트, 전기보온재 등).

● 운전감시

이물질 유입 또는 진동 등 이상현상에 대한 감시는 진단용 소프트웨어를 보강하는 등의 설비보강을 통해 개선된다.

● 가동중 검사

PWR의 건설과 운전은 비파괴검사장비에 있어 중요한 연구개발 노력을 요구하게 된다.

EdF로서는 새로운 방법의 개발 보다는 신뢰도와 검사속도 증진을 꾀하는데 중점을 두고 있다. 더우기 샘플링기술 및 오래된 기기의 열화를 조기에 현장점검할 수 있도록 하는데 대한 연구가 추진되고 있다.

● 기기의 보수 및 교체

다각적인 연구가 수행됐거나 진행중이며 이전에는 고려되지 않았던 민감한 설비를 포함토록 해야 할 것이다.

第2段階事業

EdF의 수명평가프로젝트 1단계는 대부분의 900 MWe 발전소가 높은 안전성, 신뢰도, 경제성을 갖고 40년 또는 그 이상의 운전수명을 보장할 수 있다는 결론에 도달하였다.

2단계의 사업은 프랑스 PWR 해체프로그램의 최적화 뿐만 아니라 다음 세기에 이루어져야 할 잠정적인 수명관리를 기술·경제적인 측면에서 보완해야 할 자료들을 제공하게 될 것이다.