

가동원전 부지특성의 주기적안전성평가 방안 연구 Methodology of Periodic Safety Review Plan for Site Characteristics in Operating Nuclear Power Plants

주광호, 김병섭, 노명섭
한국수력원자력(주), 대전시 유성구 문지동 103-16

1. 개요

원자력법에 의하면 국내 모든 가동원전은 10년 주기로 안전성평가를 이행하도록 요구하고 있으며, 국외의 경우 IAEA Safety Series¹⁾의 주기적안전성 평가(PSR : Periodic Safety Review)에 부지특성을 포함하고 있다. 2001년 5월 고리 1호기에 대한 주기적안전성평가를 시작으로 월성 1호기와 고리 2,3,4호기의 주기적안전성평가를 수행하였으며, 현재 영광 1,2,3,4호기의 주기적 안전성평가를 수행하고 있다. 주기적안전성평가 업무중 부지특성평가는 첫째, 인구밀도·산업시설 및 교통 시설을 포함한 원자로시설 주변 특성의 현재 물리적 상태를 파악하는 것이며 둘째, 안전성 분석과 관련하여 태풍·홍수·단층·지진 등을 포함하는 원자로시설 주변의 자연현상 특성과 기상조건 및 인구분포 등의 평가를 통하여 가동원전의 안전성 확보에 기여하고자 하는데 그 목적이 있다. 본 논문을 통하여 부지특성에 대한 주기적 안전성평가 방안을 제시하고자 한다.

2. 평가범위 및 방법

2.1 평가범위

부지특성의 평가범위는 가동원전의 최종안전성 분석보고서(FSAR)에서 제시하고 있는 지리와 인구, 인접 산업·교통 및 군사시설, 기상, 수문공학, 지질·지진 및 지반공학의 5개 분야이다. 또한 세부범위는 시간경과에 따른 사회적 또는 자연적인 변화가 있었으며 공중의 안전을 위하여 중요한 다음과 같은 사항들이다.

- 지리와 인구 : 제한구역 및 저인구지대경계거리의 적절성 평가, 인구중심지 확인, 반경 50km 내 상주인구 조사
- 인접 산업, 교통 및 군사시설 : 발전소 인근의 산업, 교통 및 군사시설 확인, 방사능 누출을 수반하는 발전소 사고의 원인이 될 수 있는 잠재사고 평가
- 기상 : 지역기후 및 국지기상조건 확인, 기상 관련 설계변수 재평가, 대기확산인자 재평가, 기상 관측계획의 적절성 평가
- 수문공학 : 가능최대강수량에 의한 부지내 침수고 평가, 폭풍해일 및 지진해일로 인한 가능최대해수위에 대한 부지의 홍수영향 평가,

가능최저 수위시 기기냉각해수펌프 가동여부 확인

○ 지질, 지진 및 지반공학 : 부지 주변의 지진 발생 현황 및 설계지진의 적절성 평가

2.2 평가방법

부지특성 평가는 발전소 부지 주변의 기상학적, 수문학적, 사회학적 인자의 변화가 중요한 부분을 차지한다. 이들의 정확한 자료수집 및 문헌조사와 분석을 통하여 부지특성 인자별로 현재 유효한 기술기준 대비 발전소의 현재 물리적 상태를 확인하고 부지특성이 관련요건을 만족하는지를 평가한다.

3. 기술기준

부지특성 평가를 위한 기술기준은 법령상의 기술기준이 있으며, 세부 기술기준으로는 FSAR에서 명시하고 있는 사항과 인허가 규제기관의 행정조치와 규제조치 및 사업자의 약속사항 등이 있고, 추가반영 기술기준으로 해당 원전의 설계 이후 개정되거나 신규로 제정되어 평가에 적용하는 기술기준으로 구분할 수 있다.

4. 평가내용

4.1 지리와 인구

제한구역경계거리 및 저인구지대경계거리의 적절성을 평가하기 위해서 사고해석 평가결과를 활용하여 방사능이 최대 방출되는 사고에 대하여 발전소 주변의 개인이 받는 피폭선량이 10CFR 100.11의 방출제한치를 만족하는지를 확인한다. 또한 인구 25,000명 이상의 인구중심지를 파악하여 10CFR100.11 요건(저인구지대경계거리의 1.33배 이상)과 비교, 검토하고 반경 50km 이내 상주 인구를 조사한다.

4.2 인접 산업, 교통 및 군사시설

부지 주변의 산업, 교통 및 군사시설 등을 확인하여 이를 근거로 발전소에 영향을 줄 수

있는 잠 재사고를 평가한다. 발전소에 영향을 줄 수 있는 잠재사고는 철도나 도로의 수송과정중의 폭발물에 의한 폭발영향, 유독물질 방출로 인한 영향, 항공 기 사고, 군사용 시설에서의 위험요소 등이 있다. 이들에 대한 잠재사고의 평가를 통하여 발전소의 위해 여부를 확인한다. 잠재사고 평가중 Reg. Guide 1.91²⁾에 제시된 폭발물로부터의 안전거리 산출식은 다음과 같다.

$$R \geq kW^{1/3} \quad (1)$$

여기서, R = 안전거리(m), k = 상수(18), W = TNT 에 상당하는 폭발물질의 양(kg)이다.

4.3 기상

발전소 가동이후 부지 및 인근 지역의 최근 수십 년간의 기상자료를 바탕으로 지역기후 및 국지 기상조건을 확인한다. 이를 근거로 부지에서 변 경된 기후극값을 평가하여 안전관련 구조물에 적 용되는 설계풍속, 가능최대강수량 등의 설계변수 를 재산정하여 이에 의한 영향을 평가한다. 또한 사고해석에 이용되는 대기확산인자는 최신의 기상 모델과 평가기준일 이전 최근 몇 년간의 기상자료 로 재평가한다. 영광 1,2 호기 설계까지는 사고시 대기확산인자 평가에 Reg. Guide 1.4 를 사용하였 으나 현재는 Reg. Guide 1.145³⁾를 따르고 있다.

4.4 수문공학

가능최대강수량에 의해 빗물배수계통이 기능을 상실했을 경우 안전관련 구조물 또는 설비들의 바 닥표고나 개구부가 침수심 보다 위에 있는지를 검 토한다. 부지내 월류단면에서의 침수심은 다음의 광정웨어(broad-crested weir) 공식을 적용하여 산정한다.

$$H = (Q / 1.46 L)^{2/3} \quad (2)$$

여기서, H = 침수심(m), Q = 설계홍수량(m³/sec), L = 월류단면길이(m) 이다. 월류단면길이는 부지 배치도로부터 계산되고 설계홍수량을 결정하기 위 해서는 설계강우를 선정한 후, 유역의 도달시간을 강우의 지속기간으로 하는 강우-유출모형을 이용 하여 부지의 설계홍수량을 산정한다. 강우-유출 모형은 아래와 같은 합리식을 이용한다.

$$Q = 0.2778 \times C \times I \times A \quad (3)$$

여기서, C는 유출계수이고, I는 강우강도(mm/hr), A는 유역면적(km²)이다. 또한 ANS-2.8 및 IAEA Safety Series 50-SG-S10B 에 따라 해양조사자료 에 근거한 각 홍수사상을 조합, 가능최대해수위를 산정하여 부지의 홍수영향을 검토한다. 부지의 폭 풍해일, 정진운동, 지진해일로 인한 가능최저수위 시 기기냉각해수펌프의 최소침수깊이 확보 여부를 평가한다. 가능최저수위시 기기냉각해수펌프 최소 침수깊이의 적정성을 평가하는 데는 다음과 같은 식들을 이용한다.

$$\text{BHRA 설계기준} : 1.5D < \text{최소침수깊이} \quad (4)$$

$$\text{JSME 설계기준} : 1.7D < \text{최소침수깊이} \quad (5)$$

$$\text{HIS 설계기준} : \text{유량수두차} < \text{최소침수깊이} \quad (6)$$

$$\text{ANS 설계기준} : D(1+2.3F_D) < \text{최소침수깊이} \quad (7)$$

D : 펌프 흡입구 직경, F_D = Froude number

4.5 지질, 지진 및 지반공학

가동이후 시간의 경과와 기술기준의 변경에 따 른 부지의 기존 설계지진이 적절한가를 평가한다. 이를 위하여 발전소 가동이후 발생한 새로운 지진 에 의한 영향을 재평가하여 제어지진의 변동여 부를 평가하고 광역 및 부지지질조사 결과와 지진 재해도분석을 통하여 기존 설계지진의 적절성을 검토한다.

5. 결론

주기적안전성평가의 부지특성에 대한 평가범위 및 방법과 평가내용 등의 전반적인 평가 방안을 제시하였다. 이를 바탕으로 주기적안전성평가중 부지특성 분야의 체계적이고 효율적인 업무수행과 발전소의 안전운전을 위하여 필요한 부지특성 인 자들의 관리계획이 효율적으로 확립되어 있는지를 확인하고자 하는 취지에서 본 논문을 발표하게 되 었다. 보다 안전하고 신뢰성 있는 발전소 유지관 리를 위하여 평가결과 도출되는 안전성 증진사항 에 대한 체계적인 관리가 요구된다.

참고문헌

- [1] IAEA Safety Series No. 50-SG-O12, Periodic Safety Review of Operational Nuclear Power Plants, IAEA, Vienna, 1994
- [2] Reg. Guide 1.91, Evaluations of Explosions Postulated to occur on Transportation Routes near NPPs
- [3] Reg. Guide 1.145, Atmospheric Dispersion Models for Potential Accident Consequence Assessments at NPPs