

'99 추계학술발표회 논문집
한국원자력학회

울진원전부지에 대한 지진해일고 평가방안

A Plan for Safety Evaluation of Tsunamis at the Uljin Nuclear Power Plant Site

이해균, 이대수
전력연구원
대전광역시 유성구 문지동 103-16

요 약

많은 원자력 및 화력발전소의 부지는 필요한 냉각수의 확보를 위하여 해안지역에 위치하고 있으며, 이로 인하여 지진해일 등의 해안 위험요소에 노출되어 있다. 울진원자력발전소 부지의 지진해일에 대한 안전성은 1986년에 최대 잠재지진규모와 이에 따른 단층매개변수를 입력자료로 이용, 평가하여 안전성 입증에 활용하였으나, 최근 일부 연구자료에 의하면 일본 아키타 지방 연근해의 지진공백역(seismic gap)에서, 과거 예상했던 것 이상의 큰 지진해일 발생가능성이 대두되고 있어, 발전소 부지의 지진해일에 대한 안전성 입증 계획을 수립하였다.

Abstract

The sites of many nuclear and thermal power plants are located along the coast line to obtain necessary cooling water. Therefore, they are vulnerable to coastal disasters like tsunamis. The safety evaluation on tsunamis of the site of Uljin nuclear power plants was performed with the maximum potential earthquake magnitude and related fault parameters in 1986. But according to the results of recent research, the possibility was suggested that the earthquake which has bigger magnitude than was expected is likely to happen in the seismic gaps near Akita, Japan. Therefore, a plan for safety evaluation of tsunamis at the Uljin nuclear power plants was laid out.

1. 서 론

우리나라 원자력 및 화력발전소의 부지는 필요한 냉각수의 확보를 위하여 해안지역에 위치하고 있으며, 이로 인하여 지진해일, 폭풍해일 등의 해안 위험요소에 노출되어 있다. 동해안에 위치한 울진원자력발전소 부지의 지진해일에 대한 안전성은 1986년에 7/4의 최대 잠재지진규모와 이에 따른 단층매개변수를 입력자료로 이용, 평가하여 안전성 입증에 활용하였으나, 최근 일부 연구자료

에 의하면 일본 아키타 지방 연근해의 지진공백역(seismic gap)에서, 과거 예상했던 것 이상의 큰 지진해일 발생가능성이 대두되고 있어, 규제기관으로부터 부지 안전성 검토를 요청받고 있다. 본 논문은 전력 사업자인 한국전력공사가 추진중인 울진원자력 발전소 부지의 지진해일에 대한 안전성 입증 계획을 요약한 것이다.

2. 원자력발전소의 설계부지고에 관한 규정

발전소 부지의 홍수요인과 관련된 부지고 설정을 위한 위해요소 조합의 기준에 대하여 현재 국내에는 자세한 관련규정이나 기준이 없으나, 과학기술부 고시 제83-5호 “원자로 시설의 위치, 구조 및 설비에 관한 기술기준”에 의하면 원자로 시설부지의 설계최대 홍수위 결정시에는 미국의 관련 규정들을 준용하도록 되어 있다. 이와 관련된 미국의 제규정 및 지침서를 열거하면 다음과 같다.

- (1) 10CFR Part 100, Part 50,
- (2) NRC Regulatory Guide 1.59
- (3) NRC Standard Review Plan 2.4.2, 2.4.6
- (4) ANSI N170-1976 (ANS 2.8)
- (5) ANSI N-515/ANS 2.4 Draft 1
- (6) ANSI N170-1976 (ANS 2.8)
- (7) IAEA Safety Guides No. 50-SG-S10B

(1)~(6)의 규정에서는 위해요인의 조합방법에 관한 구체적인 규정 없이, 지진해일의 평가시 “기타 홍수요인에 대하여도 고려하여야 한다.”고만 명시되어 있으나, (7)번 항목의 IAEA Safety Guides에서는 해안에 위치한 원자력발전소의 설계기준홍수위(DBF, Design Basis Flood)에 대한 예로서, 지진해일을 고려할 필요가 있을 때는, 다음과 같은 조합을 권고하고 있다.

- 1) 가상최대지진해일 (PMT) + 바람에 의한 파랑효과 (wind-wave activity) + 삭망평균만조위의 10% 초과 수위 (10% exceedance of high tide)
- 2) 100년 빈도 기상조 또는 정진수위 (100-year surge or seiche) + 바람에 의한 파랑효과 (wind-wave activity) + 25년 빈도 지진해일 (25-year tsunami) + 삭망평균만조위의 10% 초과 수위 (10% exceedance of high tide)
- 3) 100년 빈도 지진해일 (100-year tsunami) + 25년 빈도 기상조 또는 정진수위 (25-year surge or seiche) + 바람에 의한 파랑효과 + 삭망평균만조위의 10% 초과 수위 (10% exceedance of high tide)

그러나, 이웃나라 일본이나, 대만의 실제 적용사례를 보면, IAEA Safety Guides 지침과는 달리 지진해일의 영향을 고려할 때, 대체로 바람에 의한 파랑효과를 함께 고려하지 않고 있다. (한국전력공사, 1991) 따라서, 가상최대지진해일(PMT, Probable Maximum Tsunami)에 주목한다면, 본 논문에서 소개될 선행 연구에서 채택된 방법과 같이, 지진해일에 의한 수위 상승·저하량과 고극조위, 저극조위의 조합에 의하여 안전성을 입증하는 것으로 충분하다고 판단된다.

3. 국내의 원자력발전소에 대한 지진해일 관련 선행 연구

우리나라에서는 전력시설물이 지진해일의 피해를 입은 일이 없지만, 일본에서는 동해 중부 지진해일(1983)에 의하여 시공중인 발전소 매립호안용 케이슨이 전도(overtuning)되어 수몰된 예가 있다. 따라서, 원자력발전소 부지의 기본계획시에는 발전소 시공기간을 포함한 전수명기간동안, 발전소 외곽시설의 안전성, 해수면 저하 조건에서의 취수기능의 유지, 부지내 침수, 건물과 기기에의 영향 등을 사전에 검토해 둘 필요가 있다. 울진원자력발전소의 경우, 부지표고는 평균해수위 기준 +10.0m로서, 지진해일시 처오름에 의한 최고해수위에 대해서는 안전하다고 말할 수 있으나, 냉각수의 안정적 공급에 필수적인 최저수위의 안전성에 대해서는 보다 더 면밀한 검토가 필요한 실정이다.

국내 원자력발전소 부지에 대한 지진해일 연구로는 (주)한국전력기술에서 수행한 울진 1,2호기의 가상최대지진해일에 대한 부지 안전성 검토(한국전력기술주식회사, 1986)와 고리, 월성 원전 부지의 지진해일 안전성에 대한 연구(한국전력공사, 1991)가 있다. 전자의 경우 가상최대지진규모를 이용하여 이에 따른 단층파라미터를 추정하고 초기파형을 구하여, 발전소 부지앞 수심 200m 지점까지 선형 천수방정식으로 수위를 계산한 후 Shuto의 처오름 공식을 이용하여 수위상승량을 계산하고, 그와 같은 만큼의 수위저하량을 가정하는 방식으로 안전성을 입증하였다. 후자의 연구에서는 전자와 같은 방법으로 지진의 규모를 결정하고, 그에 따른 단층파라미터를 산정하였으며, 동해안의 일본 연안에 10여개의 단층위치를 가정한 후 파향선 분석법 등을 이용하여 최종적으로 파원의 위치를 결정하였다. 그리고, 이로부터 발전소 부지 10km 앞까지 유한요소법으로 해석하고, 그 이후 발전소 부지까지는 유한차분법으로 수위의 상승과 저하량을 계산하였다. 두 연구의 결과를 종합하면 다음 표 1과 같다.

표 1. 지진해일을 고려한 각 부지별 최저 수위와 여유고 (한국전력공사, 1991) (단위 m)

UNIT \ 분류	가상최대지진해일에 의한 수위저하량 (A)	저극조위 (B)	최저수위에 대한 취수 여유고		
			최저수위 (C=A+B)	ESW Pump Bell Mouth EL (D)	여유고 (E=C-D)
월성1,2호기	-0,800	-0,290	-1,090	CW Pump Bell Mouth EL (D)	3,910
				ESW Pump Bell Mouth EL (D)	2,460
고리1,2호기	-0,480	-0,497	-0,997	-2,82(1호기) /-3,67(2호기)	1,843(1호기) /2,697(2호기)
					2,983
고리3,4호기	-0,310	-0,497	-0,807	-3,48	2,673
				-6,33	5,523
울진1,2호기	-3,000	-0,300	-3,300	-5,29	1,992
				-1,65	-1,650

표 1에 의하면, 울진 1,2호기의 경우, 가상최대지진해일에 대하여 필수냉각수(ESW) 계통은 약 2m의 여유수심을 가지고 있으나, 순환수(CWP) 계통의 경우 가상최대지진해일 발생시 취수가 불가능하게 되어 발전소의 운전정지를 초래하게 된다. 또한 최근의 연구자료에 의하면, 일본 아키타 연근해 지방의 지진공백역으로부터, 과거 울진원전부지의 부지고 설계에 반영했던 규모 7.75보다 더 큰 규모의 지진발생 가능성이 일본 학계에서 대두되고 있으며(그림 1. 참조), 이에 대한 부지 안전성

의 입증을 정부 규제기관으로부터 요청받고 있다.

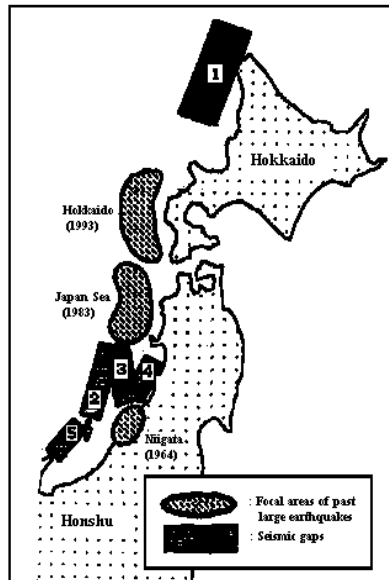


그림 1. 지진공백역의 위치
(원자력안전기술원(1997))

4. 지진해일고 평가 계획

(1) 입력 지진과 단층 규모

일본 원자력발전소의 지진해일관련 적용사례 및 일본 활단층연구회의 연구 결과와 최근에 제기되고 있는 지진공백역 관련 분석 결과를 활용하여 울진부지에 가장 위험하게 되는 단층파라메터를 산출하여 적용할 계획이다.

(2) 해석대상 영역과 지배방정식

전체 해석 대상영역은 동경 127.00 -142.95, 북위 33.10 - 48.05 의 영역으로서(그림 2 참조), 각각 다음과 같이 A, B, C로 구분하여, 각 영역에 따라 다음과 같은 지배방정식을 사용할 계획이다.

(3) 수치모델의 검증 및 발전소 안전성 검토

1983년 동해 중부 지진해일과 1993년 북해도 남서외해 지진해일의 재현을 통하여 수치모델의 검증을 준비중이며, 표 1에서와 같이 저극조위에서 지진해일에 의한 수위저하량 만큼 저하되었을 때의 수위와 취수구 펌프 흡입구 위치와의 높이차를 구하는 방식으로 안정적인 취수가 가능함을 입증할 계획이다.

표 2. 해석영역과 지배방정식

영역	해석영역			지배방정식 (좌표계)
	범위	격자 크기	격자 수	
A 영역	동경 127° 00' - 142° 57' 북위 33° 06' - 48° 03'	1500 m	958 × 898	선형천수방정식 (구면좌표계)
B 영역	동경 129° 00' - 130° 00' 북위 36° 30' - 37° 40'	250 m	361 × 421	선형천수방정식 (직교좌표계)
C 영역	동경 129° 20' - 129° 30' 북위 37° 00' - 37° 10'	50 m	301 × 301	비선형천수방정식 (직교좌표계)

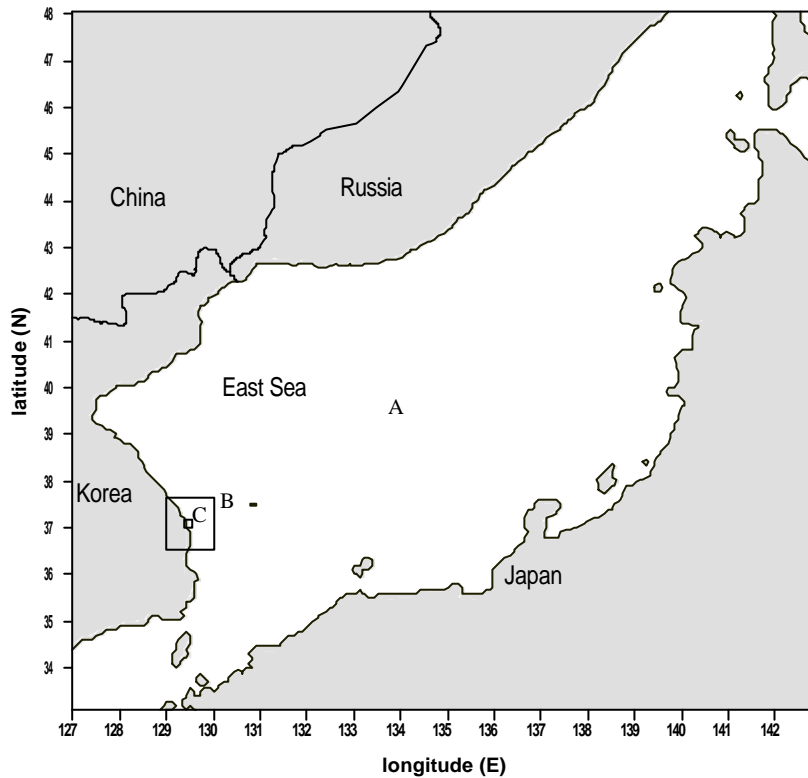


그림 2. 해석 대상영역

5. 결론

본 논문에서는 울진원자력발전소 부지의 지진해일고 평가 계획에 대하여 소개하였다. 지진해일의 원인이 되는 대상 단층의 선정에서부터 사용할 수치모델과 부지 안전성 평가방안에 대하여 기술하였으며, 향후 수립될 모델은 울진 이외의 타 발전소에도 적용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- (1) 원자력안전기술원 (1997), 울진부지에 영향을 미치는 가능 최대 쓰나미유발 잠재지진 평가.
- (2) 한국전력공사 (1991), 발전소 구조물에 미치는 지진해일의 영향연구.
- (3) 한국전력기술주식회사 (1986), 원자력 9,10호기 설계최대해수위 조사 검토.
- (4) IAEA (1983), Safety Guides No.50-SG-S10B : Design Basis Flood for Nuclear Power Plants on Coastal Sites.