

원자력 발전소 내부 콘솔의 내진 건전성 평가

The Analytical Estimation of Structural Health for A Console in Nuclear Power Plant

*정훈형¹, #조발현¹, 최현오², 김재실³

*H. H. Jung¹, #B. H. Cho(cbh322@changwon.ac.kr)¹, H. O. Choi², C. S. Kim³
¹창원대학교 대학원 기계공학전공, ²(주)새한티이피, ³창원대학교 기계공학과

Key words : Console, Nuclear Power Plant, Analytical Estimation

1. 서론

원자력 구조물은 지진과 같은 거대한 진동이 발생 하였을 때 견딜 수 있는 강한 내구성이 요구된다. 따라서 설계단계 및 구조물의 제작 시 내진해석을 수행하여 건전성을 확보하여야 한다.

콘솔은 원자력 발전소 내의 여러 가지 장치들을 제어하기 위하여 각종 스위치를 모아놓은 구조물인데 지진 발생 시 안전성을 확보하지 못하면 치명적인 피해가 발생할 수 있다. 따라서 설계단계에서부터 엄격하게 내진해석을 수행해야 한다. 내진검증을 실시 할 때, 대상의 고유진동수가 33Hz 이내에 존재하면 동적해석을 그렇지 않으면 정적해석을 수행해야 한다[1].

본 연구에서는 상용 유한요소 해석 프로그램인 ANSYS를 사용하여 모드해석을 통해 고유진동수 대역을 파악하여 지진의 주파수인 33Hz 이내에 존재여부를 확인하고, 결과 에 맞는 자중해석 및 운전기준지진(OBE), 안전정지지진(SSE)의 각 운전조건에서의 해석을 통하여 해석을 실시한 후 그 결과인 응력값을 허용 값과 비교하여 콘솔의 구조적 건전성을 확보하고자 한다.

Table 1 Property of material

Young's modulus	210GPa
Density	7850kg/m ³
Poisson's ratio	0.3

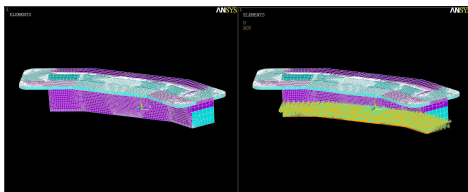


Fig. 1 FE model Fig. 2 Boundary condition

2. 유한요소모델 구축

콘솔의 지진에 대한 구조적 건전성을 확보하기 위하여 먼저 상용 유한요소해석 프로그램인 ANSYS 12.1을 사용하여 Fig. 1과 같이 모델링 하였다. 콘솔의 지지대 부분은 BEAM188요소를 사용하였으며 패널부분은 SHELL63요소를 사용하여 모델링 작업을 진행하였다. 모델에 적용된 물성치는 Table 1과 같다. 해석을 효율적으로 수행하기 위하여 해석에 필요한 부분을 위주로 단순화 작업을 거친 뒤 모델링을 진행하였다.

3. 모드 해석

모드해석을 수행하기 위하여 모델링된 콘솔에 Fig. 2와 같이 경계조건을 적용하였다. 바닥에 고정되어 있으므로 병진자유도와 회전자유도 모두 고정하고 해석을 수행하였다.

해석결과는 Table 2와 같으며 고유진동수가 33Hz 이내에 존재하지 않음을 알 수 있고 그 형상을 Fig. 3과 4에 각각 나타내었다.

따라서 정적해석을 통하여 지진에 대한 건전성을 확보하고자 한다.

Table 2 Natural frequency

	1 st	2 nd
Frequency	37.601Hz	50.099Hz

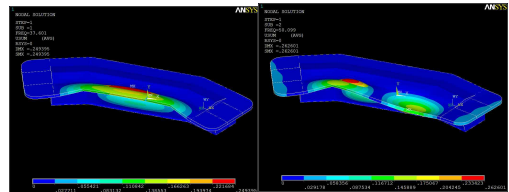


Fig. 3 1st mode shape Fig. 4 2nd mode shape

Table 3 Load condition

Operating Conditions	Directions	Applied g Levels [g]
Normal (Dead Weight)	E-W	0
	V-S	g
	N-S	0
OBE (Dead Weight +OBE Load)	E-W	0.29g
	V-S	(0.18+1)g
	N-S	0.29g
SSE (Dead Weight +SSE Load)	E-W	0.57g
	V-S	(0.36+1)g
	N-S	0.57g

4. 내진해석 및 결과분석

모드 해석의 결과에 따라 정적해석을 하기 위하여 적용된 하중조건은 Table 3과 같다. 자중해석은 중력가속도만 고려하여 해석을 수행하였으며 운전기준지진(OBE)의 경우는 일반 중력가속도 값에 OBE값에 해당하는 수치를 각 방향으로 더해진 값을 적용하였고, 안전정지지진(SSE)의 경우는 일반 중력가속도 값에 SSE값에 해당하는 수치를 각 방향으로 더해진 값을 적용하였다.

해석 결과는 Table 4와 같으며 해석이 완료된 화면은 OBE를 Fig. 5에 SSE를 Fig. 6에 각각 나타내었다. Table 4의 해석 값을 보면 허용 응력에 비해서 결과 값이 많이 작음을 알 수 있는데 그 이유는 정적해석은 동적해석과는 달리 실제 지진 데이터가 입력되지 않고 조건에 맞는 중력가속도의 변화만으로 하중조건이 주어지기 때문이다.

따라서 MCB의 지진에 대한 구조적 건전성을 확인하였다.

Table 4 Analysis result

Operating Condition	Stress Value[MPa]	Allowable Stress[MPa]
Normal	18.3	150
OBE	21.8	150
SSE	25.5	237.5

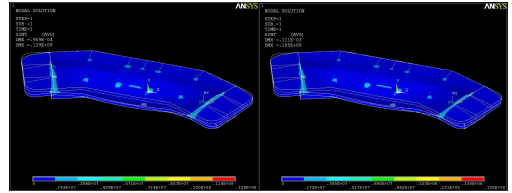


Fig. 5 Result of OBE

Fig. 6 Result of SSE

5. 결론

본 연구에서는 원자력 발전소 콘솔의 지진에 대한 건전성을 확보하기 위하여, 먼저 상용 유한요소 해석 프로그램인 ANSYS를 이용하여 3차원 모델을 구축하였다. 모드해석을 통하여 고유진동수가 지진의 주파수인 33Hz이내에 존재하지 않음을 확인하였다. 콘솔의 자중(Normal), 운전기준지진(OBE), 안전정지지진(SSE)의 조건하에서의 응력 값을 구하였고, 결과 값이 허용 응력 값보다 작음을 확인하였다. 따라서 콘솔은 지진에 의해 큰 영향을 받지 않는다고 판단되며 건전성을 확보하였다고 할 수 있다.

후기

본 연구는 (주)새한티이피와 창원대학교 진동내구성연구센터의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. KEPIC END 1100-2000, “전기 1급 기기 내진검증”
2. 한국 지반 공학회, “지반구조물의내진설계,” 구미서관, 25-34, 2008.
3. 김용석, “구조물-지반 상호작용과 지진해석”, 구미서관, 18-29, 2005.
4. Andrew D. Dimarogonas "Vibration For Engineers," Prentis Hall, 127-137, 1996.
5. S. K. Kim, “The Acceleration Response Spectrum for Simulated Strong Motions Considering the Earthquake Characteristics of the Korean Peninsula”, Journal of Korean Earth Science Society, Vol. 28, no. 2, p. 179-186, April 2007