

원자력 발전소 Main Control Board의 내진 건전성 평가에 관한 연구

A Study on the Analytical Estimation of Structural Health for A Main Control Board in Nuclear Power Plant

*정훈형¹, #조방현¹, 김재실², 최현오³

*H. H. Jung¹, #B. H. Cho(cbh322@changwon.ac.kr)¹, C.S.Kim², H. O. Choi³
¹창원대학교 대학원 기계공학전공, ²창원대학교 기계공학과, ³(주)세한티이피

Key words : Main Control Board, Nuclear Power Plant, Analytical Estimation

1. 서론

우리나라는 원자력발전소의 설계기준을 초과하는 지진의 발생 가능성이 매우 희박하다. 하지만 만일의 사고 시 방사능 물질의 유출로 인해 인근에 치명적인 피해를 입힐 수 있으므로 다른 산업시설에 비하여 보다 엄격하고도 정밀한 내진해석 요구되고 있다.

원자력 발전소의 정상운전 및 과도운전 상태에서 발생하는 지진과 같은 거대한 진동에 대하여 발전소 내부의 구조물 특히 Main Control Board(MCB)같은 것들은 설계 시 전기 1급 기기 내진검증의 지침[1]에 따라 내진검증을 할 필요가 있다. 지침에 의하면 내진검증을 함에 있어 대상의 고유진동수가 33Hz이내에 존재하면 동적해석을 그렇지 않으면 정적해석을 해야 한다고 명시되어 있다.

따라서 본 논문에서는 상용 소프트웨어 ANSYS를 사용하여 모드해석을 통한 MCB의 고유진동수를 파악하여 33Hz이내에 존재여부를 확인하고, 자중해석 및 운전기준지진(OBE), 안전정지지진(SSE)의 각 운전조건에서의 해석을 통하여 동적해석을 실시한 후 그 결과인 응력값을 허용 값과 비교하여 MCB의 구조적 건전성을 확인하고자 한다.



Fig. 1 Main control board

Table 1 Property of material

Young's modulus	200GPa
Density	8000kg/m ³
Poisson's ratio	0.3

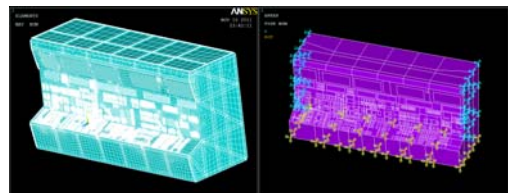


Fig. 2 FE model Fig. 3 Boundary condition

2. 모델링

Fig. 1과 같은 MCB에 대한 지진에 대한 구조적 건전성을 확인하기 위하여 먼저 상용 유한요소해석 프로그램인 ANSYS 12.1버전을 사용하여 Fig. 2와 같이 모델링 하였다. 구조물의 지지대 부분은 BEAM188요소를 사용하였으며 패널부분은 SHELL63요소를 사용하였고 전면 컨트롤패널부분은 SOLID185요소를 사용하였다. 해석을 효율적으로 수행하기 위하여 부분별로 최대한 단순화작업을 거친 뒤 모델링을 하였다.

3. 모드 해석

모드해석을 하기 위하여 MCB를 Fig. 3과 같이 바닥부분은 회전자유도와 병진자유도를 모두 구속하였으며 다른장비와 결합되는 부분은 병진자유도만 구속시켜 주었다. 해석결과는 Table 2와 같으며 고유진동수가 33Hz이내에 존재함을 확인하였다.

Table 2 Natural frequency

	1 st	2 nd
Frequency	25.603Hz	32.665Hz

Table 3 Load condition

Plant Operating Condition	Loading Combination
Normal	Dead Weight (D.W)
OBE	D.W + OBE Load
SSE	D.W + SSE Load

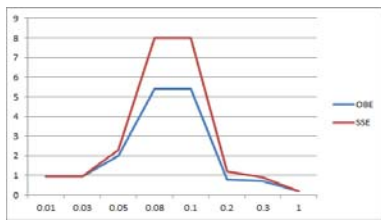


Fig. 4 Floor response spectra

4. 내진해석 및 결과

동적해석을 하기 위하여 적용된 하중은 Table 3과 같으며 운전기준지진(OBE)과 안전정지지진(SSE)은 현재 원자력 발전중인 지역의 층 응답곡선 입력을 통하여 지진을 적용하였다. 자중해석은 중력가속도만 고려하여 해석을 수행하였으며 운전기준지진(OBE)의 경우는 Fig. 4의 푸른색 곡선을 안전정지지진(SSE)의 경우는 붉은색 곡선의 스펙트럼 데이터를 적용하였다. 가로축은 시간을 나타내며 세로축은 가속도를 나타내며 단위는 [g]이다.

해석 결과는 Table 4와 같으며 해석이 완료된 화면은 Fig. 5 Fig. 6에 나타내었다. Table 4의 결과와 같이 해석 값은 허용치에 비해서 많이 작음을 알 수 있다.

따라서 MCB의 지진에 대한 구조적 건전성을 확인하였다.

Table 4 Analysis result

Plant Operating Condition	Stress Value[MPa]	Allowable Stress[MPa]
Normal	27.8	148.92
OBE	47.8	199.741
SSE	83.9	199.741

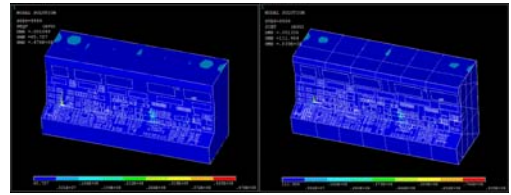


Fig. 5 Result of OBE

Fig. 6 Result of SSE

5. 결론

본 논문에서는 원자력 발전소 Main Control Board의 지진에 대한 안정성을 검증하기 위하여 ANSYS를 이용하여 3차원 모델을 구축하였다. 모드 해석을 통하여 고유진동수가 지진 주파수인 33Hz이내에 존재함을 확인 하였으며 그에 따라 동적해석을 실시하였다. MCB의 자중해석과 층 응답곡선(Floor Response Spectra)를 이용한 동적 해석을 수행하여 운전기준정지(OBE), 안전정지지진(SSE)의 조건하에서의 응력 값을 구하였고, 그 값이 허용 응력 값보다 작음을 확인하였다. 따라서, MCB는 지진에 대하여 건전하다고 할 수 있다.

후기

본 연구는 창원대학교 진동내구성연구센터와 (주)새한티이피의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. KEPIC END 1100-2000, “전기 1급 기기 내진검증”
2. 한국지반공학회, “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