

# Manual Damper의 내진건전성에 대한 연구 Seismic Evaluation for Structural Integrity of Manual Damper

\*\*김재실<sup>1</sup>, 정훈형<sup>2</sup>, 박봉관<sup>2</sup>, 최현오<sup>3</sup>

\*\*C. S. Kim(kimcs@changwon.ac.kr)<sup>1</sup>, H. H. Jung<sup>2</sup>, B. K. Park<sup>2</sup>, H. O. Choi<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>창원대학교 기계공학과, <sup>2</sup>창원대학교 대학원 기계공학전공, <sup>3</sup>(주)새한티이피

Key words : Damper, Seismic Evaluation, Modal Analysis

## 1. 연구 배경 및 목적

고층건물이나 지하상가, 유조선 등 내부구조가 복잡하고 밀폐된 곳에 공기순환을 도와주는 덕트를 설치하여 생활환경을 개선시키거나 장비의 작동환경을 조성한다. 공기 순환 과정에서 매뉴얼 댐퍼는 공기유량을 조절하며 화재발생시 매뉴얼 댐퍼의 입구를 닫으므로써 화재 또는 유독가스 방출을 방지한다. 이런 역할을 수행하는 매뉴얼 댐퍼는 덕트 구조물에 있어서는 필수적인 요소이다. 특히 원자력발전소에는 작동환경에 민감한 발전소의 주요 장비들이 많다. 만약 장비의 외력으로 인해 매뉴얼 댐퍼에 기능적인 문제가 생기게 되면 원자력발전소 내의 발전 장비들의 작동온도를 유지하지 못하게 되고 결국 발전 장비의 과열을 초래하여 사고로 이어질 가능성이 매우 크다. 그러므로 매뉴얼 댐퍼의 구조적 안전성은 매우 중요시되며 매뉴얼 댐퍼의 구조적 안전성을 확보하기 위해서는 반드시 지진에 대한 안전성을 고려해야만하며 지진과 발생 중 혹은 발생 후에 매뉴얼 댐퍼가 역할을 제대로 수행할 수 있는지 확인해 볼 필요가 있다. 외부에서 발생하는 진동이 매뉴얼 댐퍼의 고유진동수와 같을 때 공진이 발생된다. 공진이 발생하면 그 매뉴얼 댐퍼의 구조는 뒤틀리거나 변형되며 심지어는 파손까지 이를 수 있다. 그러므로 매뉴얼 댐퍼의 고유진동수가 지진의 진동수와 일치하는지를 확인 해야한다. 그리고 지진 발생 중에 매뉴얼 댐퍼가 제대로 작동하는지 판별하는 운전 기준 지진(Operating basis earthquake, OBE)과 안전 정지 지진(safe shutdown earthquake, SSE) 조건하에 발생하는 응력에 대한 안전성도 판별해야 한다. 따라서 본 논문은 모드해석을 실시하여 원자력발전소에 사용되는 매뉴얼 댐퍼의 고유진동수를 확인하고 매뉴얼 댐퍼에 지진 조건에 따라 발생하는 응력을 확인하여 내진건전성을 검증하고자

한다.

## 2. 본론

검증과정으로는 매뉴얼 댐퍼를 3D모델링하여 유한요소모델로 변환 시킨 후 모드해석을 실시하여 본 모델의 고유진동수를 확인한다. 각 지진 조건하에 구조해석을 실시하는데 1차 모드에서 고유진동수가 33Hz 이하에서 나타나면 동적해석을 실시하고 아니면 33Hz 이상에 나타나면 정적해석을 실시한다. 구조해석을 통해 나온 결과값을 구조의 허용응력과 비교하여 안전성을 판단한다.

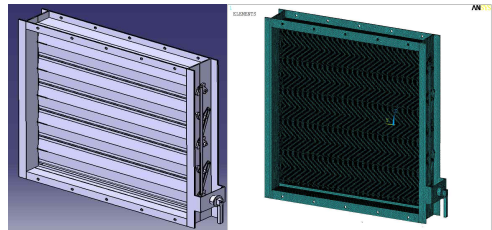
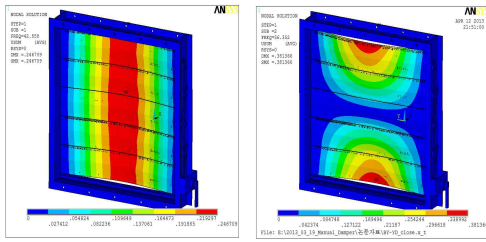


Fig. 1 3D model and FE model of the Damper

Fig.1 과 같이 CATIA를 이용하여 3D모델링하였고 ANSYS를 이용하여 FE모델을 생성하였다. 요소는 solid185를 선택하였고 BLADE의 두께가 얇아 요소 크기를 작게 설정하여 전체 요소의 개수는 1,657,822개가 생성되었다.

모드해석 조건으로는 매뉴얼 댐퍼와 덕트가 볼팅되는 부분에 병진 자유도 및 회전 자유도를 구속시켰으며 진동수 범위는 0~1000Hz까지 설정하고 총 모드 수는 10차 모드까지 설정하였다. 모드해석 결과는 Table 1과 같이 고유진동수가 나타났고 Fig. 2과 같이 1차, 2차, 3차 고유진동수의 모드형상이 나타났다.



(a) 1st mode (b) 2nd mode  
Fig. 2 Results of 1st mode and 2nd mode.

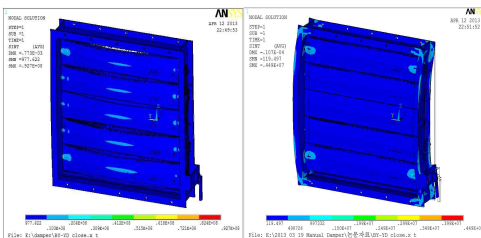
Table 1 Natural frequencies

Mode	Frequency
1	42.858Hz
2	56.352Hz
3	87.205Hz

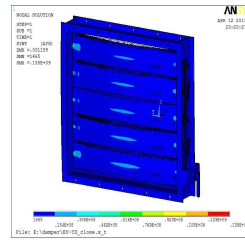
1차 모드가 33Hz 이상에서 나타났으므로 정적 해석을 실시하였고 Table 2와 같이 각 지진 조건을 적용하여 구조 해석을 실시하였다. Allow Stress는 ASME에서 제시한 방법으로 재료의 항복강도에 Normal과 Upset조건에서는 0.6, Faulted 조건에서는 0.95를 곱하여 각 지진조건에 맞는 허용응력을 산출하였다.

Table 2 Loading combinations and allowable stresses

Operating Condition	Loading Combination	Allowable Stress [MPa]
Normal	Dead Weight	144
Upset	Dead Weight + OBE Seismic Loads	144
Faulted	Dead Weight + SSE Seismic Loads	228



(a) Normal condition (b) OBE condition



(c) SSE condition  
Fig. 3 Results of static analysis.

해석결과 Fig. 3와 같이 세 조건 모두 Blade와 Frame 사이의 축에서 최대 응력이 발생하였고 각각의 응력값은 Normal condition 일 때 4.47MPa, OBE condition 일 때 92.7MPa, SSE condition일 때 138MPa로 나타났다.

### 3. 결론

원자력발전소에 사용되는 매뉴얼 댐퍼의 내진 건전성을 알아보기 위해 매뉴얼 댐퍼를 3D모델링 구축하고 유한요소모델을 생성한 후 모드해석과 구조해석을 실시하였다. 모드 해석결과 1차 모드가 42.858Hz로 나타났다. 일반적으로 지진파는 1~33Hz사이에서 피해를 주기 때문에 본 모델은 공진이 일어날 수 있는 가능성이 희박하다. 1차 모드가 33Hz 이상에서 발생되었기 때문에 정적 해석방법으로 구조해석을 실시하였다. 해석 결과 각 지진조건에서 Normal condition 일 때 4.47MPa, OBE condition 일 때 92MPa, SSE condition일 때 138MPa의 최대 응력값을 나타내었고 이 값은 각 지진조건외 Allow Stress 보다 작게 나왔으므로 구조적으로 안전하다고 판단한다. 그러므로 본 논문의 대상이 되는 매뉴얼 댐퍼는 지진에 대한 내진건전성을 가진다고 볼 수 있다.

### 4. 참고문헌

1. IEEE Std 344, IEEE Recommended Practice for Seismic Qualification of Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1987.
2. 고재용, ANSYS와 유한요소법, 시그마프레스, 2009.