

공기구동밸브의 구조진동해석

A Structural Vibration Analysis of the Air-Operated Valve

이현승[†]·이영신^{*}·조택동^{*}·신성기^{**}

Hyun-Seung Lee, Young-Shin Lee, Taek-Dong Cho, Sung-Ki Shin

Key Words : Vibration analysis(진동해석), Globe valve(글러브밸브), AOV(공기구동밸브), size (크기)

ABSTRACT

A free vibration analysis of air-operated valve(AOV) is investigated. The vibration characteristics of AOV with size variations are studied. The effects of inner pressure on the natural frequencies are also studied. The analytical results are compared with experimental results.

기에 따른 진동특성을 파악하고, 유체의 압력에 의한 진동특성의 변화를 해석하였다.

1. 서 론

본 연구는 산업자원부 전력산업 연구개발 사업의 일환으로 진행중인 공기구동밸브 성능평가 프로그램 개발이라는 과제명으로 원전 공기구동밸브의 설계기준 성능을 평가하고 주기적으로 성능을 확인 할 수 있는 기능을 갖춘 전산해석 프로그램 개발하는 것을 목적으로 하고 있다. 현재 원전에 사용중인 밸브에 대한 성능평가는 주로 외국에서 개발된 진단시험장비나 성능해석 프로그램을 사용하고 있다. 이는 국내의 실정에 맞지않는 부분이 있고, 불필요한 기능이 많음을 알 수 있다. 이에 현 국내 실정에 맞는 프로그램 개발을 목적으로 두고 시작하였다. 이에 본 연구에서는 과제의 일환으로 상용유한요소 프로그램인 ANSYS를 이용하여 밸브의 크

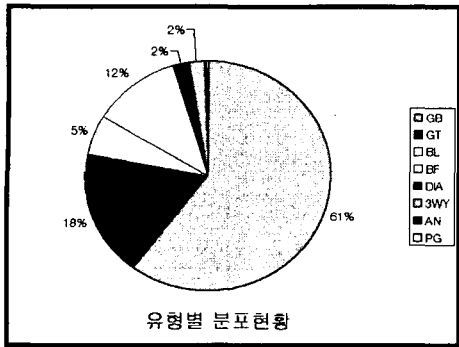
2. 자료조사

프로그램 개발을 위하여 밸브의 종류 및 크기에 대하여 조사를 하였으며, 그 결과는 다음과 같다. <그림.1>을 통하여 밸브의 유형별 비중은 61%로 Globe valve가 가장 많이 사용되고 있었으며, Gate valve, Ball valve, Butterfly valve 순으로 사용비중이 높았다. 또한 밸브의 크기별 사용빈도는 <그림.2>을 보면 1인치, 2인치, 3인치, 4인치, 6인치 밸브가 높은 비율로 사용되고 있음 알 수 있었다. 이와 같은 조사결과를 토대로, 본 연구에서는 Globe 밸브를 연구대상으로 하였으며, 크기는 1인치, 2인치, 3인치, 4인치, 6인치로 선정하였다.

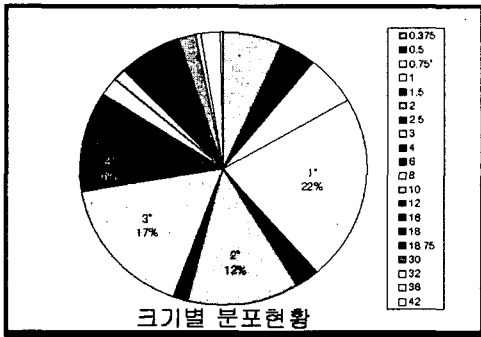
* 충남대학교
E-mail : leehs1997@empal.com
Tel: 042-825-6531

** 충남대학교

*** (주)한빛파워서비스



<그림.1> 밸브의 유형별 분포현황



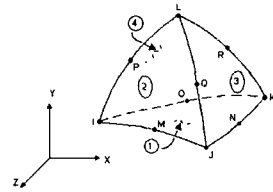
<그림.2> 밸브의 크기별 분포현황

3. 유한요소해석

진동특성을 파악하기 위해 상용유한요소해석 프로그램인 ANSYS를 이용하였으며, 사용된 유한요소는 ANSYS내에 포함되어 있는 Solid 92이다. 이 유한요소의 해석의 유효성을 검증하기 FFT 시험을 수행하였다.

3.1 유한요소해석을 위한 모델링

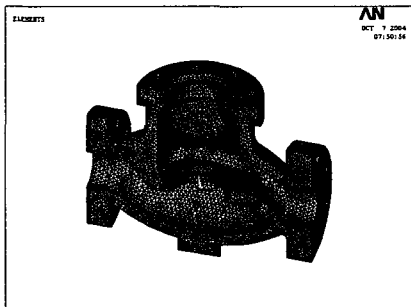
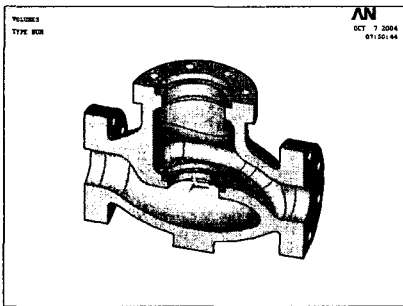
유한요소해석을 위하여 각 인치별 모델링을 하였으며 그 형상은 <그림.3> 2인치의 글러브 밸브와 같으며, 나머지 형상에 대해서는 생략을 하였다. 사용된 유한요소는 Solid92로 그 형상은 <그림.4>와 같다.



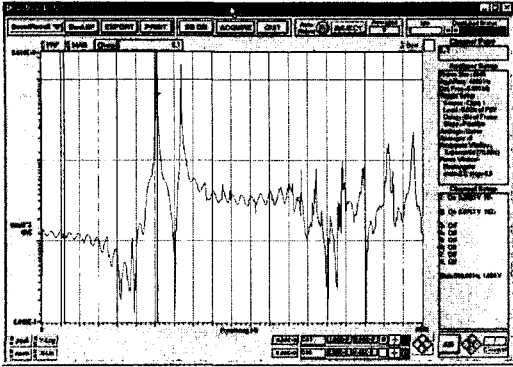
<그림.4> Solid 92 유한요소

3.2 유한요소해석 유효성 검증

유한요소해석의 결과의 유효성을 검증하기 위하여 FFT(Fast Fourier Transform) 시험의 결과와 유한요소해석의 결과를 비교하여 유효성을 확보하였다. 실험은 양단자유 상태를 모사하기 위하여 얇은 끈으로 2inch 밸브의 반쪽 형상을 매달아 양단자유 경계조건을 만들었으며, 그후 진동 측정용 충격해머를 이용하여 가진하는 방법으로 수행하였다. 신호는 축방향으로 부착한 가속도계를 통하여 취득하고 취득한 신호는 개인용 컴퓨터에 설치된 Star-System으로 분석하였다. 가속도계는 1방향 신축용이며 PCB izeotronics를 사용하였다. 가속도계의 voltage sensitivity는 9.83mv/g이며 사용범위는 3-10000Hz이다. 이와 같은 실험결과 <그림.5>와 같이 1차 모드에서 주파수응답은 1230Hz를 보였다. 이 결과를 유한요소와 비교하기 위하여, 같은 형상의 모델의 유한요소에 대한 해석을 하였으며, 사용된 유한요소는 Solid 92이며, 사용된 절점수는 41856개이고 요소수는 25822개이다. 무게는 11.3kg이다. 실험조건과 동일한 경계조건인 양단자유조건으로 해석을 한 결과 1차 모드의 주파수 응답이 1225Hz가 나왔다. 이는 실험결과치는 1230Hz와 차이가 거의 없었다. 따라서 위의 유한요소해석방법은 유효함을 검증하였다.

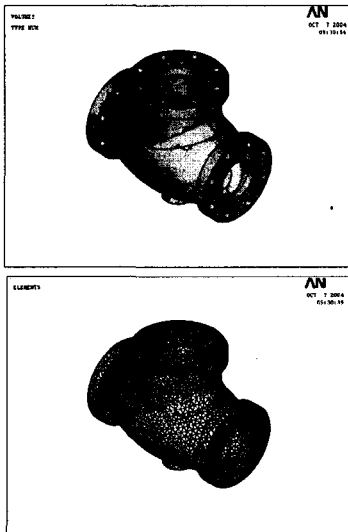


<그림.3> 2인치 글러브밸브의 유한요소모델링



<그림.5> FFT 실험 결과

3.3 크기에 따른 진동특성 변화



<그림.6>은 4 inch Gilboe 밸브의 전체형상 모델링

크기별 진동특성을 파악하기 위하여 전체 형상의 모델의 유한요소해석을 위한 모델링을 하였으며, <그림.6>과 같다. 경계조건은 양단자유이며, 물성치는 탄성계수 193GPa, 포아송비 0.29이고 밀도 8000kg/m³이다. 이와 같은 조건으로 해석을 한 결과는 <표.2>와 같으며, <그림.7>을 통해 인치별 진동수의 변화를 알 수 있다. 밸브 형상의 크기가 커짐에 따라 진동수가 낮아 짐을 알 수 있었으며, 기울기가 인치별 거의 일정함을 알 수 있었다.

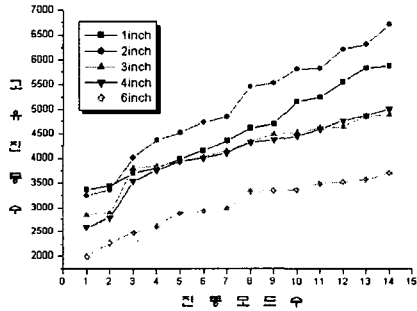
<표.1> 인치별 최저두께 및 무게 및 면간거리

| 내 용 | 1inch | 2inch | 3inch | 4inch | 6inch |
|------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 최저두께 | 10mm | 17mm | 18mm | 24mm | 26mm |
| 무 게 | 12.0kg | 22.7kg | 40.6kg | 65.9kg | 121.1kg |
| 면간거리 | 20cm | 25cm | 30cm | 35cm | 45cm |

최저두께는 밸브중 가장 얇은 두께를 말하며, 면간거리는 밸브의 전체 길이를 말한다.

<표.2> 인치별 밸브의 고유진동수(Hz)

| 모드 | 1inch | 2inch | 3inch | 4inch | 6inch |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 3360.4 | 3246.6 | 2832.5 | 2588.6 | 1992.8 |
| 2 | 3435.0 | 3359.3 | 2878.0 | 2770.5 | 2277.8 |
| 3 | 3696.3 | 4006.7 | 3797.2 | 3531.8 | 2464.0 |
| 4 | 3797.8 | 4361.0 | 3831.4 | 3748.9 | 2610.9 |
| 5 | 3987.7 | 4523.1 | 3940.9 | 3947.7 | 2872.3 |
| 6 | 4153.2 | 4721.5 | 4028.4 | 4004.5 | 2922.0 |
| 7 | 4353.0 | 4842.9 | 4142.1 | 4099.5 | 2984.0 |
| 8 | 4610.0 | 5448.4 | 4327.4 | 4318.6 | 3329.7 |
| 9 | 4685.6 | 5529.3 | 4479.9 | 4370.2 | 3339.6 |
| 10 | 5158.4 | 5816.5 | 4530.8 | 4450.8 | 3363.3 |
| 11 | 5244.7 | 5826.7 | 4620.4 | 4598.5 | 3488.4 |
| 12 | 5558.4 | 6212.8 | 4644.0 | 4760.3 | 3522.1 |
| 13 | 5838.8 | 6312.5 | 4851.0 | 4870.9 | 3568.7 |
| 14 | 5874.4 | 6710.4 | 4886.2 | 5002.2 | 3698.6 |



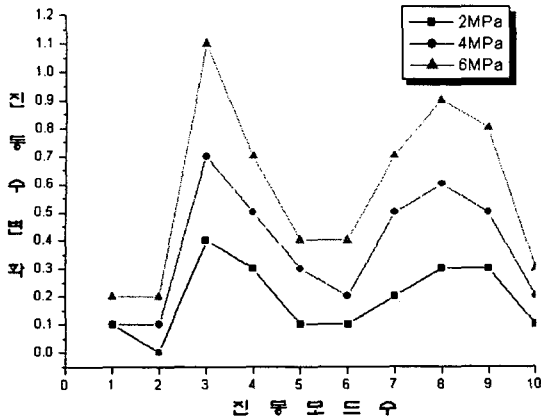
<그림.7> 인치별 진동수 변화

3.4 내압에 따른 진동특성 변화

내압을 받을때의 밸브의 진동특성의 변화를 확인하기 위하여 2MPa, 4MPa, 6MPa를 받을때와 압력이 없을때를 비교 하였으며 해석모델은 고유진동수가 가장 낮았던 6inch 밸브로 선정하였다. 유한요소해석결과는 <표.3>과 같으며, 압력의 영향을 보다 알기 쉽도록 0MPa의 진동수를 기준으로 하여 각 압력에 따른 진동수 변화를 도시화 한것이 <그림.8>이다.

<표.3> 내압의 영향에 따른 고유진동수 (Hz)

| 모드 | 0MPa | 2MPa | 4MPa | 6MPa |
|----|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 2534.0 | 2534.1 | 2534.1 | 2534.2 |
| 2 | 3038.5 | 3038.5 | 3038.6 | 3038.7 |
| 3 | 3506.2 | 3506.6 | 3506.9 | 3507.3 |
| 4 | 3668.0 | 3668.3 | 3668.5 | 3668.7 |
| 5 | 3780.9 | 3781.0 | 3781.2 | 3781.3 |
| 6 | 3967.7 | 3967.8 | 3967.9 | 3968.1 |
| 7 | 4190.0 | 4190.2 | 4190.5 | 4190.7 |
| 8 | 4411.5 | 4411.8 | 4412.1 | 4412.4 |
| 9 | 4679.9 | 4680.2 | 4680.4 | 4680.7 |
| 10 | 4728.9 | 4729.0 | 4729.1 | 4729.2 |



<그림.8> 내압의 의한 진동수 변화(Hz)

<그림.8>을 통해 내압이 증가할수록 고유진동수가 증가함을 알 수 있었다. 하지만 증가폭이 1Hz이내이기 때문에 전체 진동수에 비하여 무시할수 있을정도의 값이다.

4. 결 론

자료조사를 통하여 해석 모델을 글러브 밸브로 정하였으며, 크기를 1인치, 2인치, 3인치, 4인치, 6인치로 정하여 총 5개의 모델을 생성하였다. 유한요소의 해석을 유효성을 얻기 위하여 유한요소해석과 FFT실험을 결과를 비교하였다. 그 결과 유한요소해석에서는 1차 모드에서 1225 Hz가 나왔으며 FFT 실험에서는 1230Hz가 나왔으므로 해석 방법의 유효성을 얻었다. 내경이 증가할수록 즉 밸브의 크기가 증가함에 따라 진동수는 떨어짐을 확인할수 있었다. 내압의 의한 영향을 알기 위해 2MPa, 4MPa, 6MPa 내압을 주었을때의 진동특성을 살펴보았다. 그 결과 압력이 증가함에 따라 진동수가 증가하였다. 하지만 증가 값이 0.1 Hz에서 1Hz정도 이므로 밸브의 3000Hz등의 고유진동수에 비하여 너무 낮아 압력에 의한 진동수의 변화값은 무시할 수 있을 것이다. 이는 밸브의 강성이 매우 높아, 내압에 의한 변형이 작게 일어났기 때문이다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 전력산업 연구개발 사업인 공기구동밸브 성능평가 프로그램 개발사업 위탁과제의 일부로 수행되었으며, 관계자 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

- (1) J.Hosler, " Air-operated Valve Evaluation Guide", EPRI Final Report TR-107322, May 1999
- (2) K.F.Barry, "Air-operated Valve Maintenance Guide", EPRI Final Report NP-7412R1, November 1996
- (3) P.D.Harvey, "Engineering Properties of Steel", American Society for Metals, 1982
- (4) ANSYS User's Guide, Ver 5.0, ANSYS Inc