

왕복동식 압축기 밸브의 설계

조성욱*, 박성근*, 김형석*, 임종윤*

(A STUDY OF VALVE DESIGN PROCEDURE IN HERMETIC COMPRESSOR)

(Sung- Oug Cho , Sung-Kyun Park , Hyung-Suk Kim , Jong Yun Lim)

1. 서론

전세계적인 에너지 절약과 환경보존에 대한 관심과 요구가 증가함에 따라 소비전력규제와 CFC삭감에 대응한 국제경쟁력 확보가 중요한 과제로 대두되고 있다.

이러한 상황변화에 따라 냉동 공조기기의 심장부인 압축기에 대해서도 고효율 및 저소음화의 요구가 한층 높아졌다. 따라서 가혹한 환경에도 견딜 수 있는 압축기의 개발은 필수적이라 할 수 있다.

소형밀폐형 압축기는 크게 두 부분으로 나뉘어 진다. 그 하나는 모터에 의한 회전구동부이고, 다른 하나는 실린더와 피스톤 그리고 밸브로 구성된 압축기구부이다. 그 중에서 밸브는 진동 및 소음에 영향을 미치는 기본요소가 된다.

압축기의 밸브는 근본적으로 밸브포트와 실린더 형상에 의해 결정되며, 이런 형상조건하에서 밸브는 연속적인 운전이 되어야 하므로, 그 응답성이 좋아야하고 무엇보다도 자체의 신뢰성도 확보되어야 한다. 따라서 밸브의 동적특성과 응력분포를 정확히 예측하는 것이 중요한 과제가 된다.

본 논문에서는 컴퓨터를 이용한 밸브의 동적특성과 응력해석을 위해 밸브의 형상을 유한요소 패키지인 ANSYS를 이용하여 해석하고, 그 모델링 및 해석의 타당성을 검토하기 위하여 동적특성해석은 홀로그래피(Holography) 기술을 이용하여 실험하고, 응력해석은 스트레인 게이지(Strain Gage)를 이용하여 결과를 얻어서 서로 비교하여 보았다.

2. 밸브의 유한요소 해석

압축기의 밸브계는 박판의 흡입과 토출밸브 및 밸브시이트로 구성된다. 따라서 두가지 형상의 밸브에 대해서 밸브형상 그대로를 Pre-Processor에서 2차원으로 모델링하고(그림 1 참고), 두께에 대한 것은 윗면 중립면 밑면으로 나누어 해석하였다.

모델링 작업시, 흡입 및 토출밸브가 구속되는 부분을 각각 안전고정조건으로 구속하여 자유로이 움직일 수 있는 부분만을 해석의 대상으로 하였다.

ANSYS 이용시 STIF 63, Shell 요소를 이용하였다.

2.1 동적특성 해석

동적특성해석의 목적은 근본적인 모우드 형태를 관찰하고, 기본주파수를 비교하는 것이다. 여기서 얻어지는 고유진동수는 유동의 흐름 및 응력과 소음해석의 주요한 인자로서 음압레벨 스펙트럼의 피크치를 식별하기 위하여 필요한 중요한 데이터가 된다. 그리고 밸브의 개폐에서 밸브로 인한 가스 진동과의 상호작용을 예측하기 위한 해석의 주요한 데이터베이스를 제공한다.

본 논문에서는 ANSYS를 이용하여 1차에서 3차까지의 모우드를 추출하였으며, 모우드를 추출시 Guyan Reduction Method를 이용하였다.

* : 급성사 가전연구소

2.2 응력 해석

압축기의 운전조건하에서 신뢰성은 밸브에 있어서 중요한 관심사의 하나이다. 해석은 ANSYS를 이용하였고 힘 경계 조건은 밸브 전후의 압력차이가 그대로 작용한다고 가정하였다. 또한 밸브는 스톱퍼높이에 의해서 수직방향의 변위가 한정되므로, 이런 조건하에서의 주응력 분포를 구하였다.

3. 실험

3.1 진동 실험

진동 실험은 홀로그래피(Holography)기술을 이용하여 고 유진동수와 각 모우드에 대한 모우드 형태를 그대로 추출해 내었다.

홀로그래피 기술의 기본원리는 그림 2 와 같이 레이저(Laser)광을 들로 분광하여 하나는 실험 대상 물체에 보내어 물체광을 얻고, 다른 하나는 홀로그래피 기록 매질에 보내어 기준광을 얻는다.

홀로그래피의 영상은 물체광이 대상 물체에서 산란되는 산란파와 기준광과의 간섭무늬를 포토 레지스터(Photo Resister) 혹은 써모플라스틱(Themo Plastic)등과 같은 기록 매질에 기록함으로써 얻고, 이 판에 대한 회절효과에 의해 물체의 3차원 영상을 얻는다.

실험대상인 밸브의 가진은 시그널 제너레이터(Signal Generator)의 신호를 증폭하여 스피커의 음압을 이용하였다. 밸브가 실제로 구속되는 조건과 같게하기 위하여 압축기 형상 그대로의 밸브 고정장치를 이용하여 실험하였다.(그림 3 참조)

3.2 스트레인 게이지 (Strain Gage)

전기저항식 스트레인 게이지는 밸브와 같이 자유면의 극소적인 부분의 응력을 측정하는데 많이 이용된다.

스트레인 게이지는 해석시 구한 주응력 방향에 대해서 부착하고 실험에 사용된 스트레인 게이지는 KFG-5-120-C1-11형의 것을 사용하였다.

실제운전조건과 동일하게 하기 위하여 그림 4 와 같이 공압을 작용시켜 그 값을 얻었다.

4. 결과

4.1 동적응력 해석

그림 5 와 7은 각각 흡입 및 토출 밸브의 동적특성을 유한요소법에 의해 조사한 결과이며, 그림 6과 8은 레이저 홀로그래피를 이용하여 얻은 결과를 나타낸다. 실험결과를 해석한 결과와 비교하여 보면, 흡입밸브의 1차와 2차 모우드는 전형적인 굽힘 모우드를 나타내지만 3차 모우드는 비틀림 모우드를 나타내었다.

반면에 토출밸브의 경우는 1차 및 3차 모우드는 굽힘 모우드를, 2차 모우드는 길이에 대한 폭의 증가 영향 때문에 비틀림 모우드를 나타낸다.(그림 6과 8 참조)

표 1에서 보는 것과 같이 해석 및 실험 결과는 잘 일치하였다.

4.2 응력 해석

해석 결과를 보면, 흡입 및 토출밸브는 예상대로 edge 및 root 가까이 에서 응력 집중 현상을 볼 수 있으며 (그림 9 참조), 유한요소 해석 결과를 확인하기 위해서 주응력 방향으로 스트레인 게이지를 부착하여 측정한 실험 결과와도 잘 일치하였다.(표 2 참조)

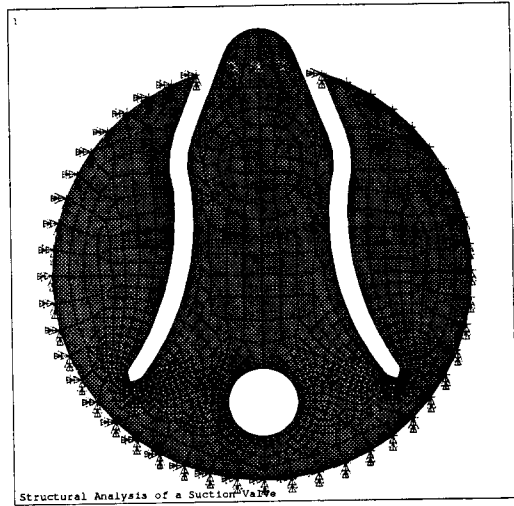
5. 결론

1. 유한요소법을 이용한 밸브계의 동적특성 및 응력해석을 통하여 흡입 및 토출 밸브의 동적특성과 응력을 상세히 구할 수 있었으며, 실험에 의해 확인한 결과, 두 결과는 잘 일치하였다.

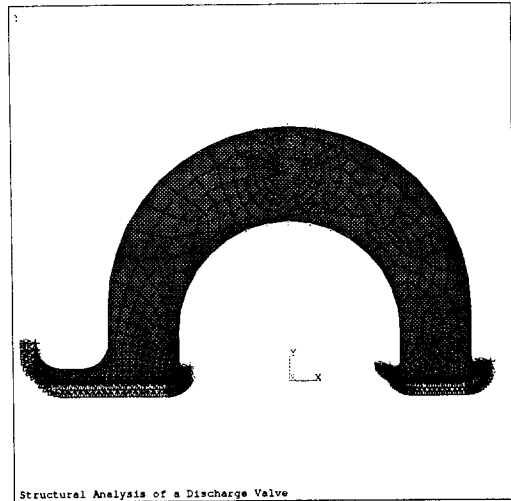
2. CAE를 이용한 밸브설계체계를 확립하였으며, 이 연구를 토대로 왕복동식 압축기의 새로운 밸브들을 설계 가능하였다.

6. 참고문헌

- 1) S. Papastergiou, J. Brown, J.F.T. MacLaren, "The Dynamic Behavior of Valve Reed in Reciprocating Gas Compressor-Analytical Study," Proc. of 1980 Purdue Comp. tech. conf., PP 263-272.
- 2) S. Papastergiou, J. Brown, J.F.T. MacLaren, "The Dynamic Behavior of Valve Reed in Reciprocating Gas Compressor-Experimental Study," Proc. of 1980 Purdue Comp. tech. conf., PP 263-272.
- 3) W. Soedel, Design and Mechanics of Compressor Valves, Purdue Univ., 1989.



(a) Suction Valve



(b) Discharge Valve

Fig.1 Finite Element Model

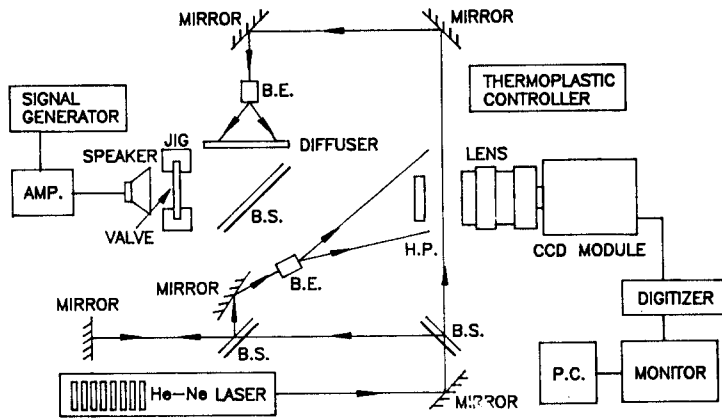


Fig. 2 Schematic Diagram of Holographic Interferometer

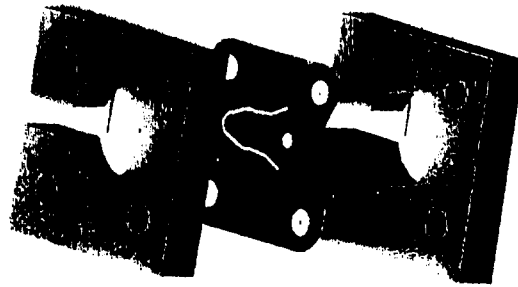


Fig. 3 Valve Fixture for Modal Test

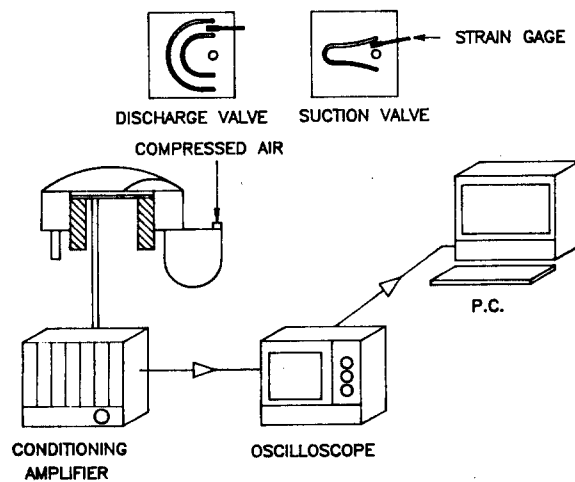


Fig. 4 Schematic Diagram of Experimental Apparatus
for Stress Measurement

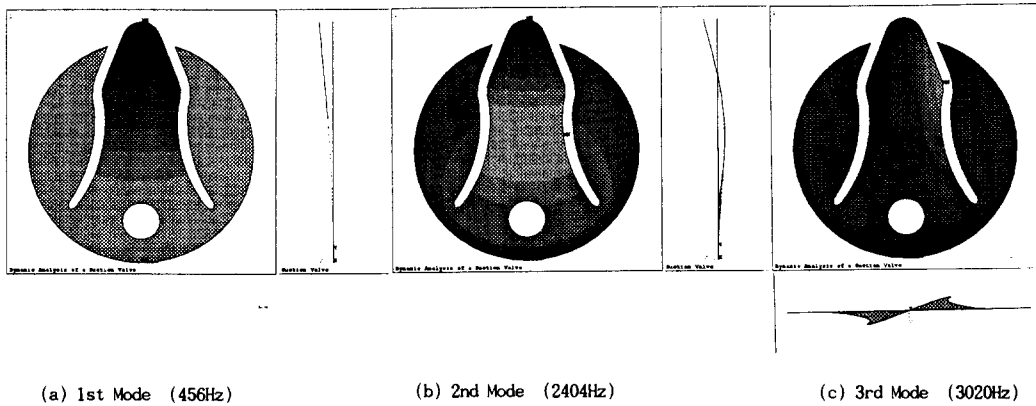


Fig.5 Dynamic Characteristics of Suction Valve by FEM

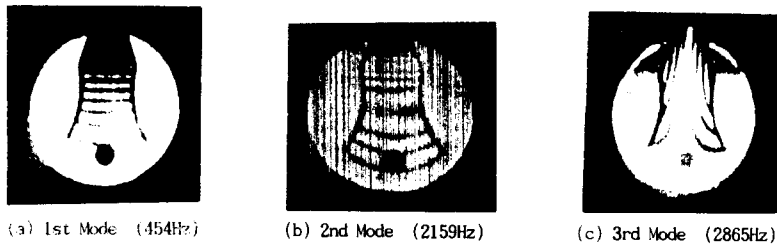


Fig.6 Dynamic Characteristics of Suction Valve
by Laser Holography

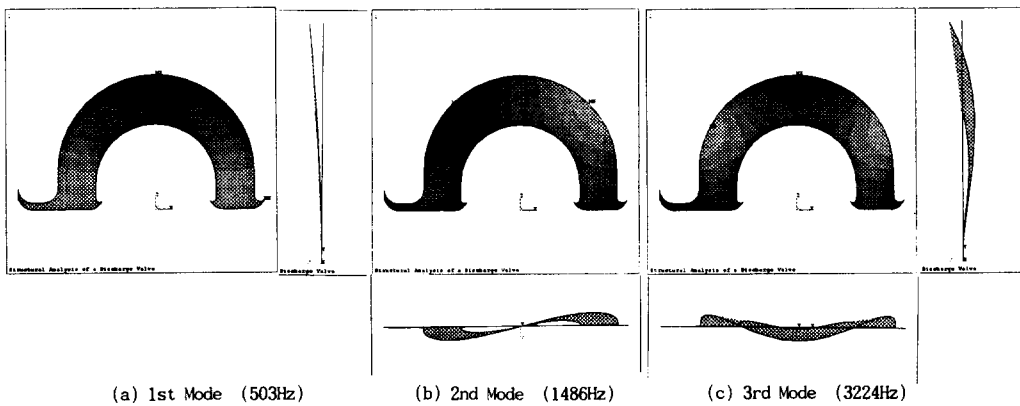


Fig.7 Dynamic Characteristics of Discharge Valve by FEM

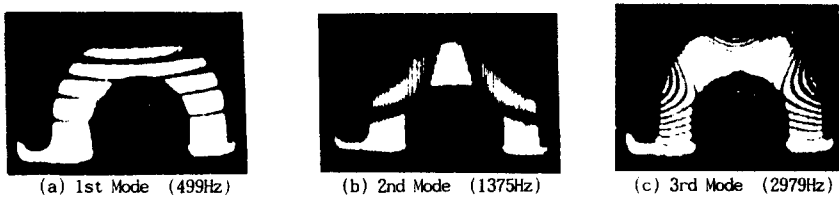
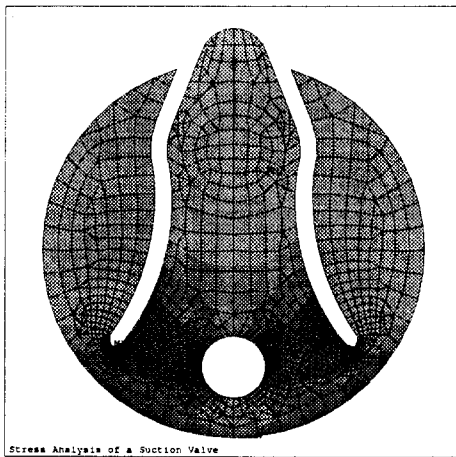


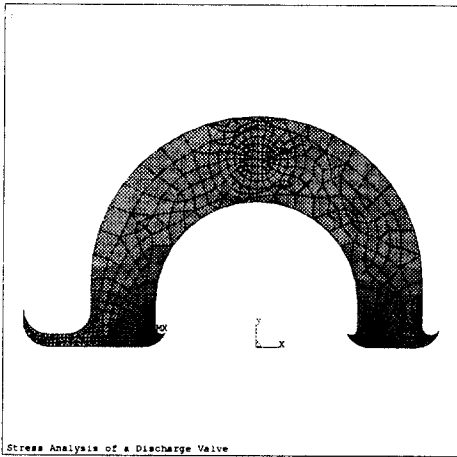
Fig.8 Dynamic Characteristics of Discharge Valve
by Laser Holography



```

ANSYS 4.4A
OCT 14 1992
9:31:59
PLOT NO. 1
POST1 STRESS
STEP=1
ITER=1
SIG1 (AVG)
BOTTOM
DMX = 0.001246
SMN = -1.02000
SMX = 0.5802+09
ZV = 3
DIST=0.01375
XF = 0.0125

```



```

ANSYS 4.4A
OCT 14 1992
9:35:34
PLOT NO. 1
POST1 STRESS
STEP=1
ITER=1
SIG1 (AVG)
TOP
DMX = 0.603E-03
SMN = -2.6789
SMX = 0.177E+09
SMZ = 0.789E+09
SMZB = 0.977E+09
ZV = 3
DIST=0.01845
XF = -0.00205
XF = 0.6695

```

(a) Suction Valve

(b) Discharge Valve

Fig.9 Stress Analysis of Suction and Discharge Valve

Table 1 Comparison of Natural Frequencies between FEM and Holography for Valves

MODE	Suction Valve		Discharge Valve	
	FEM	Hologram	FEM	Hologram
1	456	454	503	499
2	2404	2159	1486	1375
3	3020	2865	3224	2979

Table 2 Comparison of Stress Values between FEM and Strain Gage

STRESS	ANALYSIS	Suction Valve	Dischrg Valve
		FEM σ_{1max} [N/m ²]	0.195x10 ⁹
Strain Gage σ_{1max} [N/m ²]		0.147x10 ⁹	0.110x10 ⁹