

## 자동차용 공기압축기의 구조해석

원종진(국민대학교) · 이종선\*(대진대학교)  
홍석주(조선대학교) · 이현곤(국민대학교 대학원)

## Structure Analysis of Vehicle Air Compressor

Chong-Jin Won(Kookmin Univ.), Jong-Sun Lee\*(Daejin Univ.)  
Suck-Ju Hong(Chosun Univ.), Hyun-Gon Lee(Kookmin Univ.)

### Abstract

The object of this study is structure analysis of vehicle air compressor. Structure analysis is compose to nodal solution and element solution using ANSYS code.

Then analysis is partition to head part, cylinder and piston part of vehicle air compressor. Stress and strain results are satisfy to Von Mises yield criterion.

Keywords : Structure Analysis(구조해석), Air Compressor(공기압축기), Finite Element Method(유한요소해석), Boundary Condition(경계조건), Load Condition(하중조건)

### 1. 서 론

일반적인 형태의 공기압축기는 엔진의 타이밍 기어로 구동되며 실린더 헤드(cylinder head)에는 플레이트형의 흡입밸브 및 딜리버리 밸브가 있다. 흡입밸브에는 언로더가 장치되어 있으며 탱크 내의 압력이 높아지면 압력조정기에서 보내오는 압축공기에 의해 언로더 밸브가 흡입밸브를 밀어엮어 압축기를 작동시키지 않도록 하고 탱크내의 압력이 규정치보다 낮아지면 압력 조정기에서 보내오는 공기가 빠져 언로더 밸브는 리턴 스프링의 힘으로 밀려 올라가므로 압축기는 토출작동을 하여 일정한 압력을 유지시켜주는 역할을 한다.

또한 압축기 내부는 엔진의 윤활계통으로부터 오일

이 크랭크 케이스로 보내지고 있으며 각부를 윤활한 후 엔진의 오일팬으로 되돌아가도록 되어있다. 또한 수냉식의 경우에는 압축기의 head에 엔진에서 보내주는 냉각수가 순환하도록 되어있다.

본 논문은 공기압축기를 헤드(head)부와 실린더(cylinder)부 그리고 피스톤(piston)부분으로 나누어 해석하였으며 대칭형상인 실린더부와 피스톤 부분은 해석의 간소화를 위하여 1/2 모델링을 채택하여 해석을 수행하였다.

공기압축기의 구조해석에 사용된 프로그램은 현재 활발히 사용중인 상용 유한요소해석 프로그램인 ANSYS를 사용하였다.

## 2. 설계 및 해석

### 2.1 Head부분의 모델링

Head부분의 모델링은 형상이 복잡하고 기하학적인 대칭관계가 성립하지 않기 때문에 head 전체를 Fig. 1과 같이 이상화된 solid model로 해석하였다.

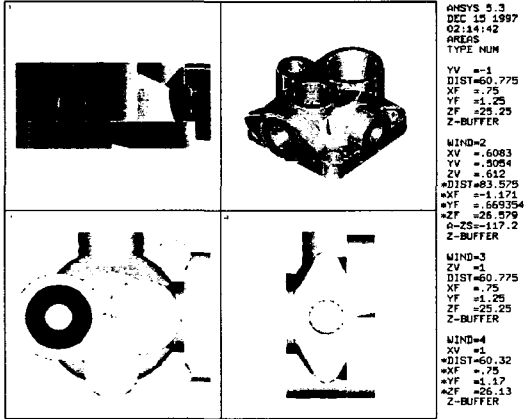


Fig. 1 Head modeling

### 2.2 Cylinder와 piston부분의 모델링

Cylinder와 piston부분의 모델링은 기하학적인 대칭관계가 성립되므로 해석의 간소화를 위하여 Fig. 2와 같이 1/4로 이상화된 solid model로 해석하였다.

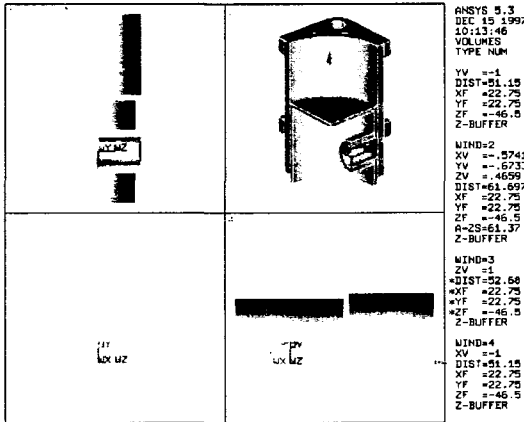


Fig. 2 Cylinder and piston modeling

### 2.3 Head부분의 요소생성

Head부분은 대칭형상이 아니기 때문에 전체 모델이 적용되었다. 요소의 종류로는 Structural solid brick 20node(Solid 95)를 사용하였고 단일재질인 F25C의 물성치를 입력하여 Fig. 3과 같이 요소를 생성하였으며 요소생성 결과 7204개의 요소와 12663개의 절점이 생성되었다.

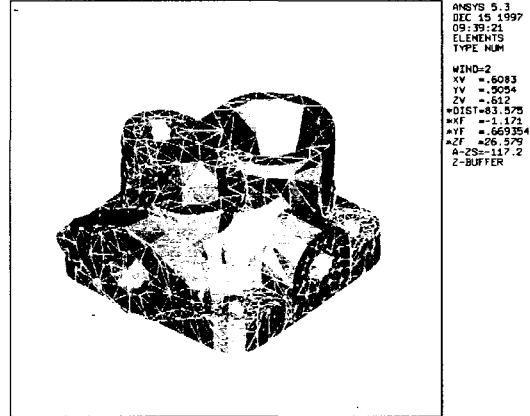


Fig. 3 Element of head

### 2.4 Cylinder와 piston부분의 요소생성

Cylinder와 piston은 대칭형상이기 때문에 Fig. 4와 같이 1/4만 modeling 하였다. 요소의 종류로는 head 부분과 마찬가지로 Structural solid brick 20node (Solid 95)를 사용하였고 cylinder부분의 재질인 F25C의 물성치와 piston부분의 재질인 Aluminum의 물성치를 입력하여 요소를 생성하였다.

요소생성 결과 6822개의 요소와 13265개의 절점이 생성되었다.

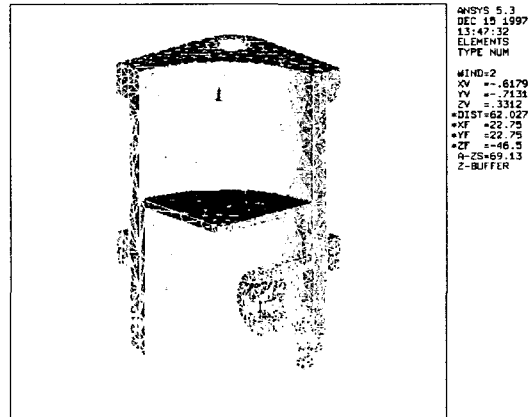


Fig. 4 Element of cylinder and piston

## 2.5 Head부분의 경계조건과 하중조건

Cylinder 내부에는 piston운동에 의해  $0.5\text{kg}/\text{mm}^2$ 의 압력이 발생하며 볼트로 고정된 부분에는 실제조건과 유사한 경계조건을 Fig. 5와 같이 적용시켰다. Head 내부면에 압력이 작용하는 현상을 화살표로 나타내었다.

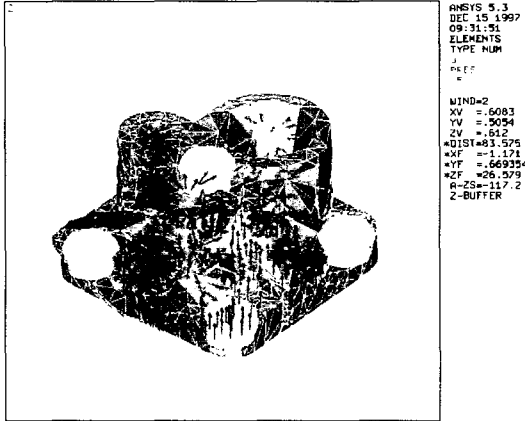


Fig. 5 Boundary condition and load condition of head

## 2.6 Cylinder와 piston부분의 경계조건과 하중조건

하중이 작용할 때 정적 구조해석을 수행하기 위해서는 cylinder 내부에서 압력이 발생하는 것을 피스톤이 고정되어있는 것으로 가정하여 해석을 수행하였다. Piston ring이 결합되는 면에는 좌표축으로 Z방향을 고정시켰으며 head부분과 마찬가지로 볼트로 고정되는 부분은 실제조건과 부합되는 경계조건을 Fig. 6과 같이 적용시켰다.

여기서도 내압은  $0.5\text{kg}/\text{mm}^2$ 의 압력이 cylinder 내부와 piston 상부에 작용함을 나타낸다.

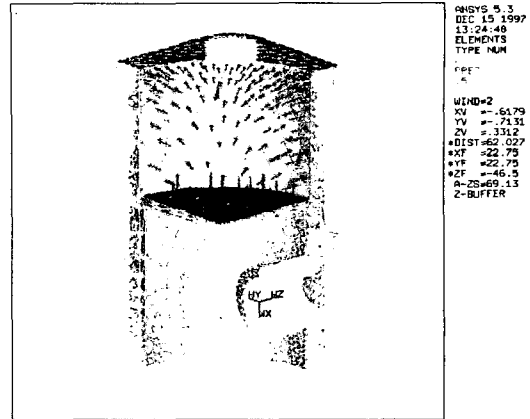


Fig. 6 Boundary condition and load condition of cylinder and piston

## 2.7 재료의 물성치

해석에 사용된 F25C와 Aluminum의 물성치는 Table 1과 같다.

Table 1 Material properties

Material	Poisson's ratio	Density	Modulus of elasticity
F25C	0.28	$0.0072\text{kg}/\text{mm}^3$	$128\text{N}/\text{mm}^2$
Aluminum	0.34	$0.0027\text{kg}/\text{mm}^3$	$69\text{N}/\text{mm}^2$

## 3. 결과 및 고찰

공기압축기에 대하여 유한요소해석 프로그램인 ANSYS를 활용하여 해석을 수행한 결과 응력과 변형률의 값과 발생 위치를 알 수 있었다. Fig. 7 ~ Fig. 14에서 해석시 발생하는 응력과 변형률의 최대·최소 값 그리고 발생 위치를 나타내고 있다.

### 3.1 Nodal solution에 의한 head부분 응력결과

해석결과 최대 응력값은 0.605003 N/mm<sup>2</sup>임을 알 수 있고 발생하는 위치는 볼트에 의해 결합되는 부분에서 발생한다.

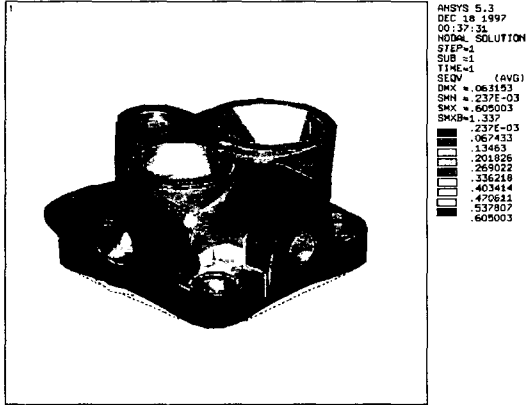


Fig. 7 Stress result of head by nodal solution

### 3.2 Nodal solution에 의한 head부분의 변형률 결과

해석결과 최대 변형률은 0.00605이며 볼트 체결부위에서 생긴다는 것을 알 수 있다.

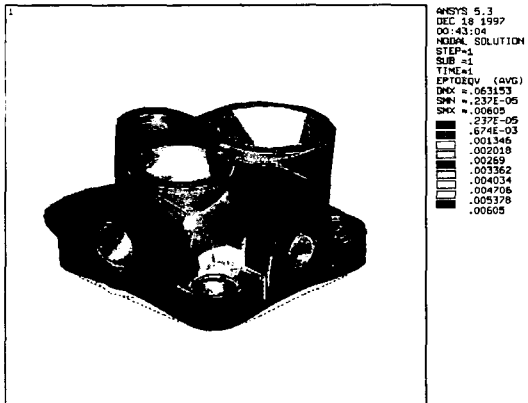


Fig. 8 Strain result of head by nodal solution

### 3.3 Element solution에 의한 head부분의 응력결과

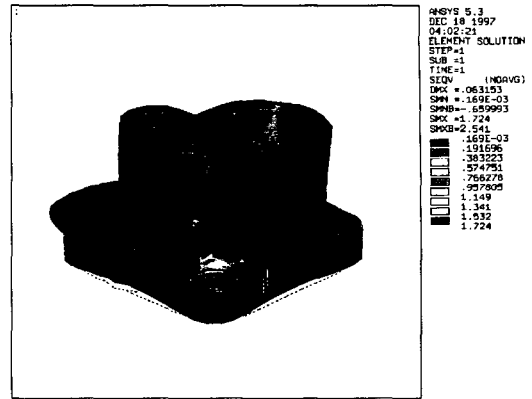


Fig. 9 Stress result of head by element solution

### 3.4 Element solution에 의한 head부분의 변형률 결과

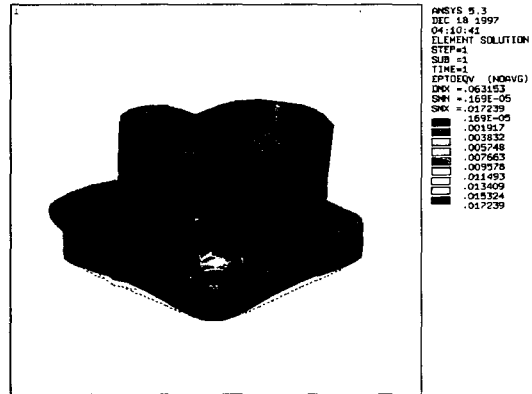


Fig. 10 Strain result of head by element solution

3.5 Nodal solution에 의한 cylinder와 piston부분의 응력결과

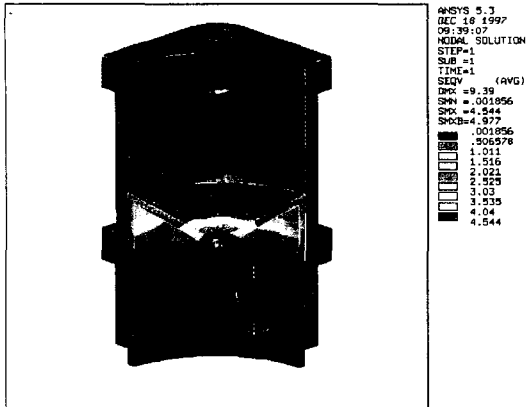


Fig. 11 Stress result of cylinder and piston by nodal solution

3.7 Element solution에 의한 cylinder와 piston부분의 응력결과

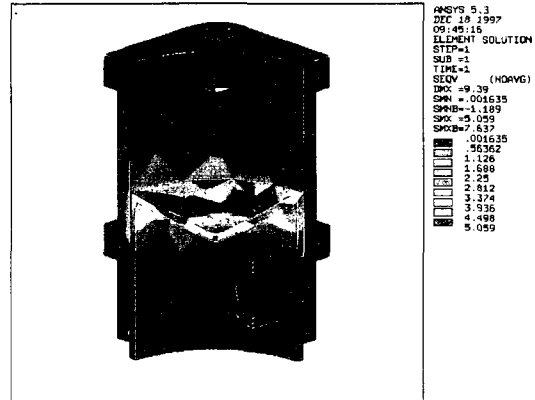


Fig. 13 Stress result of cylinder and piston by element solution

3.6 Nodal solution에 의한 cylinder와 piston부분의 변형률 결과

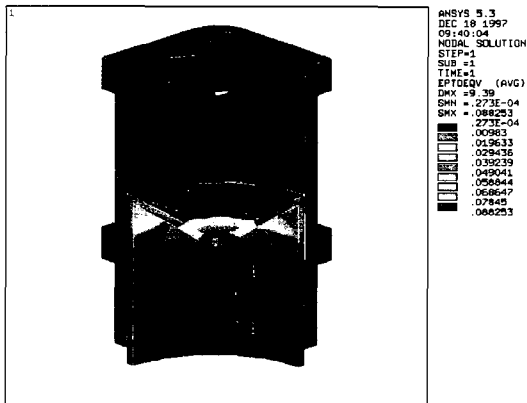


Fig. 12 Strain result of cylinder and piston by nodal solution

3.8 Element solution에 의한 cylinder와 piston부분의 변형률 결과

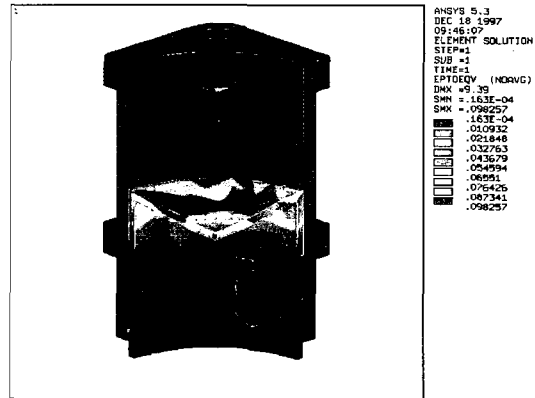


Fig. 14 Strain result of cylinder and piston by element solution

공기압축기에 대한 해석결과 각각 부분품에서의 해석방법에 따른 응력 및 변형률은 Table 2와 같다. 특히 해석 결과로 나타난 응력값과 변형률값을 활용하여 Von Mises의 항복조건식에 대입해 본 결과 안전하다고 판단된다. 이러한 결과는 최대 응력값과 최대 변형률 값이 공기압축기를 변형시키거나 파괴시키는 값보다는 작은 것을 의미한다.

Table 2 Stress and strain results by nodal solution

Stress		Node	$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma_z$	Seqv (Von Mises)
Head	Maximum stress	1982	0.0059767	0.013869	0.45670	0.60500
	Minimum stress	450	$-0.13946 \times e^{-3}$	$-0.55292 \times e^{-5}$	$-0.32829 \times e^{-4}$	$0.23720 \times e^{-3}$
Cylinder & Piston	Maximum stress	11208	4.3984	4.6784	$0.51475 \times e^{-3}$	4.5444
	Minimum stress	2050	$-0.13391 \times e^{-2}$	$-0.64927 \times e^{-3}$	$-0.12873 \times e^{-2}$	$0.27267 \times e^{-2}$

Strain		Node	$\epsilon_x$	$\epsilon_y$	$\epsilon_z$	Seqv (Von Mises)
Head	Maximum strain	1982	$-0.56244 \times e^{-3}$	$-0.10214 \times e^{-2}$	$0.34069 \times e^{-2}$	$0.60500 \times e^{-2}$
	Minimum strain	450	$-0.11493 \times e^{-5}$	$0.19006 \times e^{-6}$	$0.57364 \times e^{-6}$	$0.23720 \times e^{-5}$
Cylinder & Piston	Maximum strain	11208	0.040699	0.046128	-0.044719	0.088253
	Minimum strain	2050	$-0.62255 \times e^{-5}$	$0.67278 \times e^{-6}$	$-0.57072 \times e^{-4}$	$0.27260 \times e^{-4}$

#### 4. 결 론

자동차용 공기압축기의 구조해석을 실시하기 위하여 상용 유한요소해석 프로그램인 ANSYS를 활용하여 해석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 동적해석이 요구되는 방법에 경계조건과 하중조건을 바꾸어 해석하면 해석시간이 짧은 정적해석이 가능함을 알 수 있었다. 또한 요소와 절점수를 줄이기 위해 대칭형상인 Cylinder와 Piston부분은 1/4 모델로 해석한 결과 실제와 유사한 형상으로 변형하면서 응력이 발생하는 것을 알 수 있었다.
- 2) 해석 결과 발생하는 최대응력과 최대 변형률이 Von Mises의 항복조건식을 만족함을 알 수 있었다.
- 3) 구성 재질의 영향으로 인하여 head부에 비하여 피스톤 중심부에 훨씬 큰 응력과 변형률이 발생함을 알 수 있었다.

#### 5. 참고문헌

- 1) 유현일, 기계설계공학, 동명사, 1996.
- 2) E. J. Haug and J. S. Arora, Applied Optimal Design, John Wiley & Sons, 1979.
- 3) S. P. Timoshenko and J. N. Goodier, Theory of Elasticity, McGraw-Hill, Inc., 1970.
- 4) ANSYS User's Manual Revision 5.3, Swanson Analysis System, Inc., 1996.
- 5) ANSYS Structure Analysis Guide Revision 5.3, Swanson Analysis System, Inc., 1994.