

동흡진기를 이용한 선박용 공기압축기의 진동저감

김형진⁺, 황상재⁺⁺, 김의간⁺⁺⁺

Vibration Reduction of Marine Air Compressor using Dynamic Vibration Absorber

Hyung-Jin Kim⁺, Sang-Jae Hwang⁺⁺, Ue-Kan Kim⁺⁺⁺

Abstract : This study is mainly concerned with vibration control of L-type reciprocating air compressor by a dynamic vibration absorber. The dynamic vibration absorber of reciprocating air compressor was designed for constant revolution running condition. For the review, Vibration test was conducted for the performance appraisal of installed dynamic vibration absorber in the reciprocating air compressor. As a result of the test, the performance of dynamic vibration absorber was satisfactory.

Key words : Dynamic Vibration Absorber (동흡진기), Reciprocating Air Compressor (왕복동 공기압축기)

1. 서론

근래 선박에 더 많은 화물을 적재하기 위한 선체의 경량화로 인해 종래보다 얇은 강판 침 보강재를 사용하고 있어 박용기기의 정속한 운전이 요구되고 있다. 반면에 선박용 왕복동 공기압축기는 소형 경량화와 큰 용량을 얻기 위해 장행정으로 제작되는 경우가 많아 상대적으로 무게중심이 높아져 기구학적 특성상 많은 진동이 발생할 수밖에 없는 구조를 하고 있다. 이러한 이유로 압축기의 진동을 저감할 수 있는 다양한 방안이 연구될 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 상용되는 선박용 왕복동 공기압축기를 대상으로 동흡진기를 이용한 진동저감 방안에 대해서 연구하였으며, 이를 위해 상용구조해석 프로그램인 ANSYS를 이용하여 왕복동 공기압축기에 적합한 동흡진기를 설계하고 이를 가진 실험을 통하여 설계의 타당성을 확인한 후 공기압축기에 부착하여 진동저감 효과를 검토하고자 한다.

2. 동흡진기에 의한 진동 제어

2.1 동흡진기 이론 [1],[2]

동흡진기가 부착된 선박용 공기압축기를 2자유도 등가계로 모델링하면 Fig. 1과 같이 나타낼 수 있다.

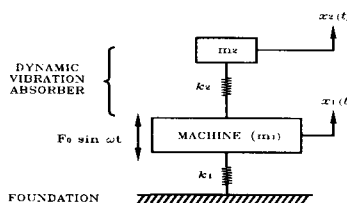


Fig. 1 Equivalent system

질량 m_1 과 m_2 의 운동방정식은 식(1)과 같고 그 진폭은 식(2)와 같다.

$$m_1 \ddot{x}_1 + k_1 x_1 + k_2 (x_1 - x_2) = F_0 \sin \omega t \quad (1)$$

$$m_2 \ddot{x}_2 + k_2 (x_2 - x_1) = 0$$

$$X_1 = \frac{(k_2 - m_2 \omega^2) F_0}{(k_1 + k_2 - m_1 \omega^2)(k_2 - m_2 \omega^2) - k_2^2} \quad (2)$$

$$X_2 = \frac{k_2 F_0}{(k_1 + k_2 - m_1 \omega^2)(k_2 - m_2 \omega^2) - k_2^2}$$

식(2)에서 공진점 부근에서의 기계의 진동진폭이 0이 되는 조건은 식(3)과 같다.

$$\omega^2 = \frac{k_2}{m_2} = \frac{k_1}{m_1} \quad (3)$$

식(3)에서 알 수 있듯이 이론적으로 공진점 부근에서 기계의 진동진폭이 0이 되려면 기계의 고유진동수와 동흡진기의 고유진동수가 일치해야함을 알 수 있다.

2.2 동흡진기의 설계

동흡진기는 연속계 형태의 스프링-질량계로 구성하였고 이를 구조해석 프로그램인 ANSYS를 이용하여 고유진동수가 Fig. 2에 보이는 공기압축기의 본체 고유진동수와 같은 45Hz로 되도록 설계하였다. 이 결과를 Fig. 3에 보인다.

설계결과를 확인하기 위하여 동흡진기를 제작하고 Fig. 4와 같이 가진기를 이용하여 동흡진기의 고유진동수를 측정하였다. 동흡진기 양단의 고유진동수는 각각 42.5Hz와 47.75Hz로 약간의 차이가 있었으나 이는 재질 및 가공의 불균일성에 의한 것으로 판단된다. 해석결과와는 약 2Hz 정도로 차이가 있으며 실용상 문제는 없을 것으로 판단된다.

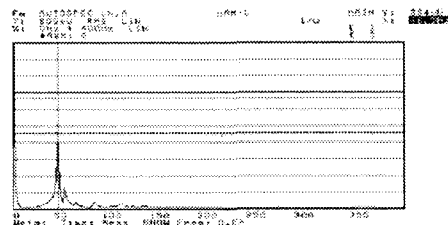


Fig. 2 Result of hammering test

⁺ 책임저자((주) 티엔텍 기술연구소), E-mail : vibsales@tientech.com, Tel: 051)403-2691

⁺⁺ 한국해양대학교 대학원 기계공학과

⁺⁺⁺ 한국해양대학교 기계정보공학부

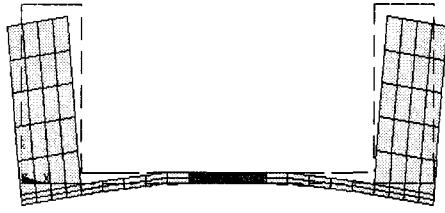


Fig. 3 Mode shape of dynamic vibration absorber at 45 Hz

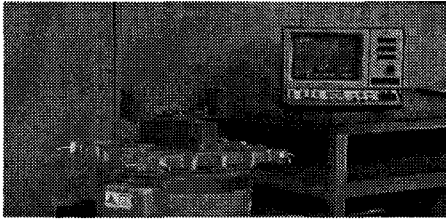


Fig. 4 Photograph of testing equipments

2.3 동흡진기의 성능 평가

본 연구의 대상인 선박용 왕복동 공기 압축기의 사양은 Table 1과 같다. ISO 2372의 진동규격인 26 mm/s (RMS)를 만족하여야 하나 Fig. 6에 보이는 바와 같이 기준치를 상회하고 있다. 이를 저감하기 위해 설계된 동흡진기를 Fig. 5에 보이는 것과 같이 공기압축기의 실린더 헤드 부분에 길이 방향으로 부착하였다. 동흡진기를 부착한 후 동일한 위치에서 측정된 값을 Fig. 7에 보이고 있으며 그 크기가 감소한 것을 알 수 있다. Fig. 8에 측정 위치를 달리 하면서 부착 전, 후의 진동속도를 측정 비교 한 것을 정리하였다. 이를 검토해 보면 각 위치별로 약간의 차이는 있으나 약 25%의 진동이 감소하여 ISO 2372 제한치인 26 mm/s를 만족하고 있음을 알 수 있다.

Table 1 Air-compressor specifications

Compressor Specification	
Type	Vertical 2-stage
No. of cylinder	2
Delivery pressure	30 kg _f /cm ²
Free air	310 m ³ /h
Revolution	900 rpm
Required power	87 ps
Weight	800 kg _f

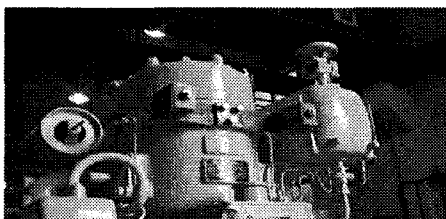


Fig. 5 Photograph of test model with dynamic vibration absorber

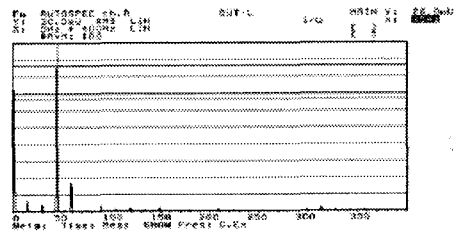


Fig. 6 Vibration velocity on air-outlet without dynamic vibration absorber

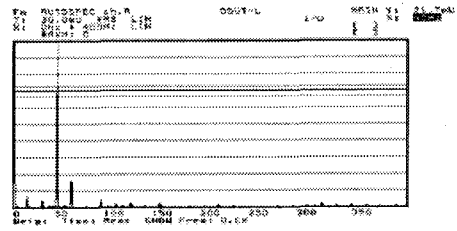


Fig. 7 Vibration velocity on air-outlet with dynamic vibration absorber

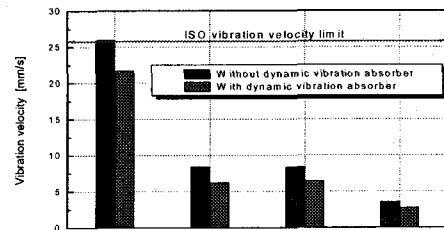


Fig. 8 Vibration velocity on measuring positions

3. 결 론

본 연구에서는 동흡진기를 이용하여 선박용 왕복동 공기압축기의 본체진동 제어가 가능한지를 실험적으로 검토하였다. 이를 정리 요약하면 다음과 같다.

- (1) 상용 구조 해석 프로그램을 이용하여 선박용 공기압축기에 적용할 동흡진기를 설계하고, 이를 실험을 통해 확인하였다. 동흡진기의 양단의 고유진동수는 각각 42.5와 47.74로 목표치 45Hz와는 약 5.5% 오차가 있음을 확인하였다.
- (2) 동흡진기를 L형 왕복동 공기압축기에 적용하기 전보다 적용 후에 약 25%의 진동이 감소하여 ISO 2372 진동 제한치를 만족하는 진동치를 얻을 수 있었다.

참고문헌

- [1] 김형진, 왕복동 공기압축기의 진동제어에 관한 연구", 한국해양대학교 석사학위논문, 2000
- [2] 전효중, 김의간, 기계역학, 효성출판사, 1999
- [3] 한국선급, 선박 진동소음 제어지침, 문원문화사, 1997
- [4] 이돈출, "동흡진기에 의한 저속 2행정 디젤엔진의 본체진동제어", 한국마린엔지니어링학회지 Vol 26.No 6. pp.631 ~ 637, 2002