

# 왕복동식 컴프레셔의 진동 저감 사례 Vibration Reduction of Reciprocating Compressor

채상일† · 김병수\* · 임우섭\* · 양보석\*\*

Chae Sang Il, Kim Byoung Su, Lim Woo Seop and Yang Bo Suk

**Key Words :** Vibration(진동), Reciprocating Compressor(왕복동식 컴프레셔), Resonance(공진), Beat(맥놀이)

## ABSTRACT

The gas compressor is one of the important machine in the petrochemical industry. It is likely to have high vibration problems due to having large reaction source and structural characteristic. In this paper we analyze the cause of high vibration in the reciprocating compressor and present a solution to this problems. By performing this case study, we confirm the effectiveness of vibration reduction through excitation source changes.

진동을 저감한 사례를 소개한다.

## 1. 서 론

산업용 가스 압축기는 여러 산업에서 사용되어지는 다양한 종류의 가스를 가압하여 새로운 형태의 물질을 제조하는데 쓰이거나 단순히 가스를 가압하여 이송, 저장하기 위해 사용된다. 이러한 경우에는 대부분 용적형 압축기(Positive Displacement Compressor)의 한 형태인 왕복동식 피스톤 압축기 (Reciprocating Piston Compressor)가 널리 사용되고 있다.

그것은 다양한 형태의 가스를 누설없이 원하는 압력까지 급속히 상승시키기 위한 가장 적합한 구조를 가지고 있기 때문이다.

석유화학 산업분야에서 일산화탄소, 에틸렌, 프로필렌 등의 원료로 화합물 생성을 위해 다양한 종류의 가스 압축기가 사용되어지므로 이는 필수적인 기기라고 할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 공정에서 반응기의 온도 조절을 위해 사용된 가스 순환용 압축기에서 발생한 고진동의 원인을 분석하고 대책을 제시하여

## 2. 기기 사양 및 진동발생 현상

### 2.1 기기 사양

(1) 왕복동식 Compressor (2대)

Fig.1과 같이 6층의 H-Beam 철구조물 중 5층에 콘크리트 기초를 만들어 설치되어 있다.



Fig. 1 Structure & Reciprocating Compressor

(2) Specification

Table 1 Specification of Compressor

구분	내용
COM'R Type	Vertical
Driver	V-Belt / Motor
Capacity	2800.0 Nm <sup>3</sup> /hr
Rotational Speed of Compressor	470 rpm

† 교신저자; 정회원, 효성굿스프링스(주)

E-mail : chaesi@hyosung.com

Tel : (055)279-8580, Fax : (055)279-7947

\* 효성굿스프링스(주)

\*\* 부경대학교 기계공학과

Rotational Speed of Motor	1180 rpm
---------------------------	----------

## 2.2 진동 발생 현상

설비 완공 후 시운전 중 Compressor 상부에서 50 mm/s 의 고진동으로 철구조물 및 주변 배관의 흔들림이 발생하였다. A호기가 B호기에 비해 진동이 약간 높았으며 2대 동시 운전 시가 1대 단독 운전 시 보다 약 2배 정도 높은 진동이 발생하였다. 이로 인해 정상 운전이 불가능하다고 판단되어 운전이 중단되었다.

고진동 발생의 주요 주파수는 Compressor의 흡토출에 수직한 방향(이하, Horizontal Direction으로 표기)에서는 Compressor의 운전 주파수인 7.8Hz(= 470rpm/60), 흡토출 방향(Vertical Direction)에서는 Compressor 운전 주파수의 2배 성분인 15.6Hz(= 7.8Hz × 2)이다.

## 3. 진동 측정

### 3.1 측정 내용

각 Compressor 및 철골 구조물에 대한 진동을 아래의 3가지 경우에 대하여 데이터 취득하였다.

- 1호기만 기동 하였을 경우
- 1호기 기동 중 운전 조건 변경
- 1호기 기동 중 2호기 기동 시작

### 3.2 측정 위치

입형 Compressor의 진동 특성 파악을 위해 상부로부터 하부까지 3 Point에서 진동을 측정하였으며, 각 위치마다 Vertical, Horizontal, Axial의 세방향에

서 데이터를 취득하였다.

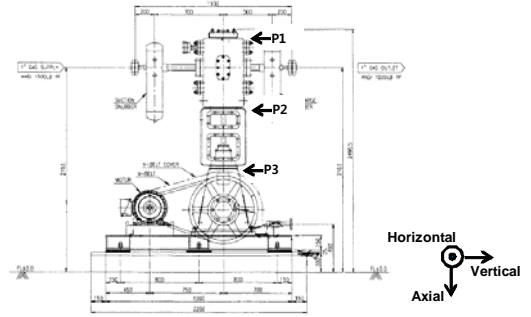


Fig. 2 Sensor Position

## 4. 진동 특성

### 4.1 운전 중 진동 특성

#### (1) Trend

Fig. 3은 운전 중 진동 변화 Trend를 보여준다. 먼저 A, B호기 모두 정지 상태에서 A호기만 기동을 시작하였다. A호기 단독 기동 시 Compressor 상부에서 Horizontal 방향에서 30 mm/s 이상의 진동이 발생하였다. A호기 운전 중 B호기를 기동시켰고, 이 때 A, B호기 동시 운전으로 50 mm/s 이상으로 진동이 증폭되었다. 이는 Fig.3 Vibration Trend Graph에서 보듯이 A, B호기의 근접한 가진 주파수로 인한 맥놀이 현상이 발생한 것으로 판단된다.

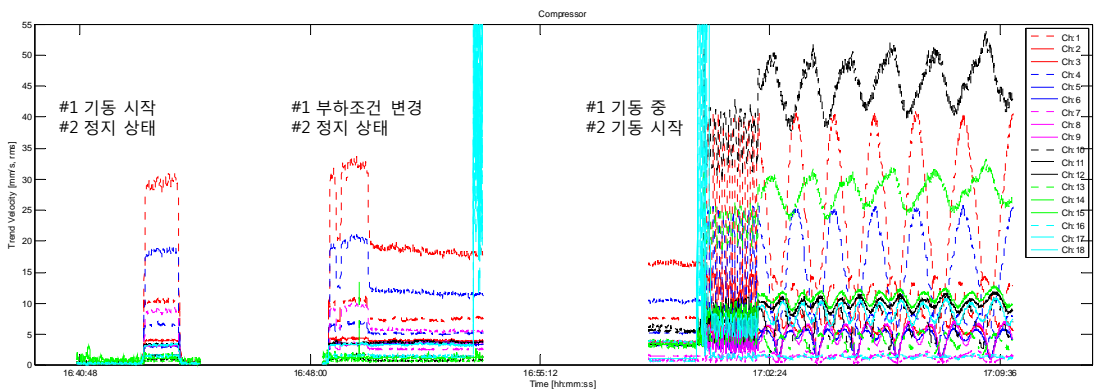


Fig. 3 Vibration Trend

(2) Spectrum

Fig. 4는 각 Compressor의 진동 스펙트럼을 보여준다. A, B호기는 동일한 진동 특성을 보이며 B호기가 A호기에 비해 진동이 약간 높다. 또한 Horizontal 방향이 Vertical 방향에 비해 3배 이상

높은 진동 발생한다. Horizontal 방향에서는 Compressor 운전 성분(470rpm, 7.8Hz) 탁월하고, Vertical 방향에서는 Compressor 운전 성분(470rpm, 7.8Hz)과 그 2배 성분이 탁월하다.

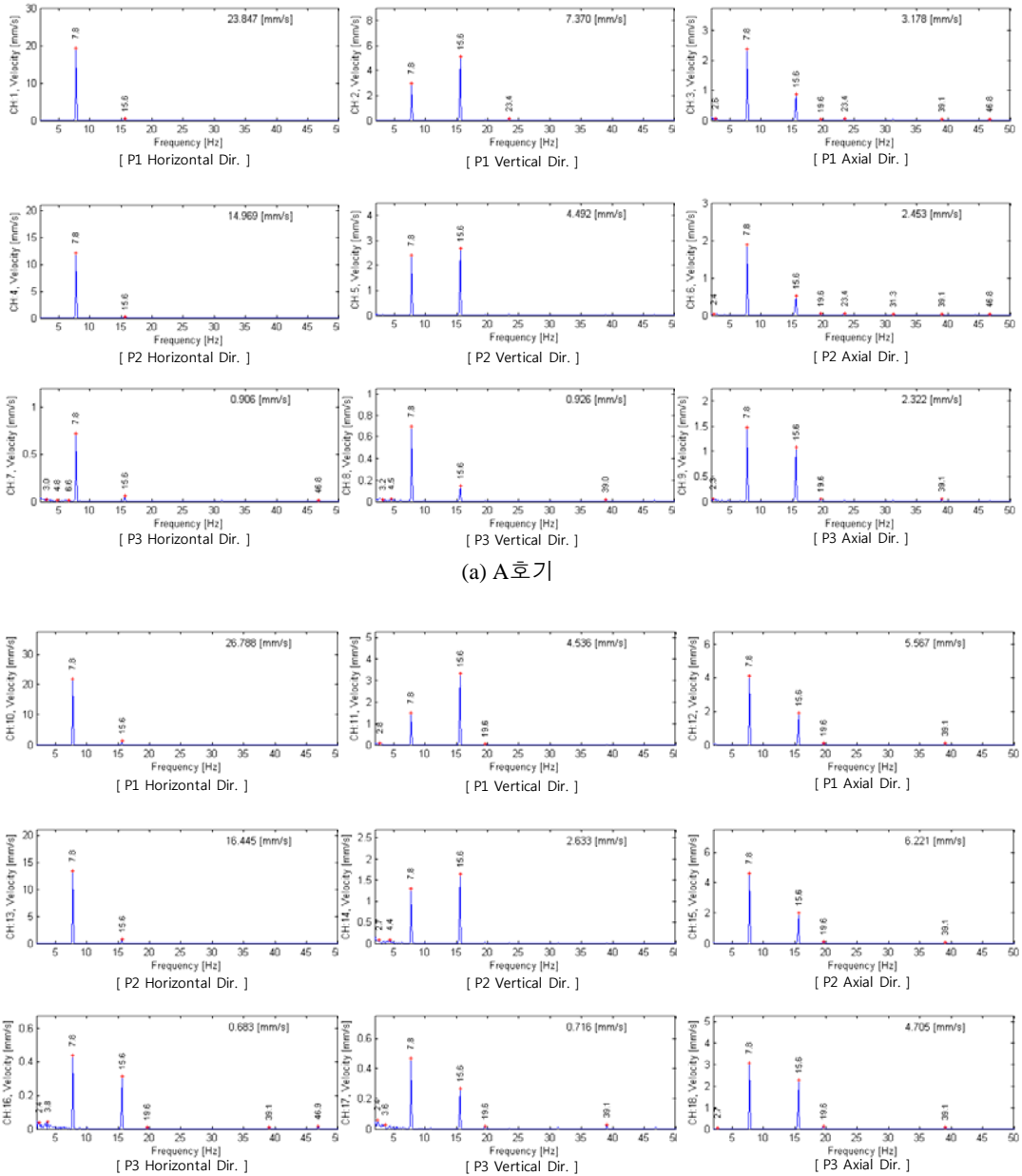


Fig. 4 Vibration Spectrum

## 4.2 충격 시험

### (1) 내용

총 2개 호기 각각에 대하여 충격 시험 수행하였다. (#1, #2에 대한 시험 방법 및 측정 위치 동일함) Compressor 상부에 Vertical (흡토출 방향), Horizontal (흡토출에 수직한 방향)에 대한 충격 응답 측정하였다.

### (2) 측정위치

응답위치는 운전 데이터 취득 위치 중 P1(Compressor 상부) 에서 측정하였으며, 방향은 Fig. 2와 동일하다.

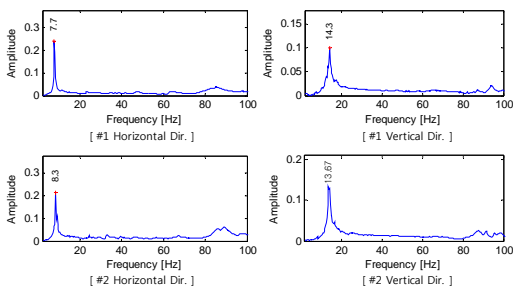
### (3) 결과

Fig. 5는 충격 시험의 응답 스펙트럼(Response Spectrum)을 나타낸다. 이를 Table 1에 Compressor의 고유 진동수(Natural Frequency)와 1X(운전주파수) / 2X(운전주파수×2)와의 분리여유(Margin)를 정리하였다.

**Table 2** Natural Frequency of Compressor

No.	Direction	Natural Frequency [Hz]	Margin [%]	
			1X	2X
			7.8 Hz	15.6 Hz
#A	Horizontal	7.7	1.3	-
	Vertical	14.3	-	8.3
#B	Horizontal	8.3	6.4	-
	Vertical	13.7	-	12.2

충격 시험 결과에서 A/B호기 모두 각 가진 주파수와와의 분리여유가 충분하지 않아 공진이 발생할 가능성이 있다.



**Fig. 5** Response Spectrum

## 5. 원인 분석 및 대책

### 5.1 원인분석

운전 시 6.6Hz(1X), 13.4Hz(2X)가 주요한 주파수 성분이고, 충격 시험 결과 Compressor의 고유진동수가 이러한 가진 주파수와 근접하여 공진이 발생한 것으로 판단된다. 또한 벨트 구동으로 인하여 A호기와 B호기의 운전에 미세한 차이로 근접한 운전 주파수를 가짐에 따른 맥놀이(Baet) 현상 발생으로 진동이 더욱 증폭되었다.

### 5.2 대책

Compressor의 진동 저감을 위해 시급하게 조치하여 운전이 가능하도록 하기 위한 단기 대책과 향후 안정적인 운전을 위한 중장기 대책을 제시하였다.

#### (1) 단기

- Compressor 상부에 강성을 보강 할 수 있는 Support 설치

1안) 인접 H-Beam 과 와이어를 연결하고 강한 인장상태를 유지 (효과는 낮을 것으로 판단)

2안) 인접 H-Beam 과 Compressor상부에 Tension bar 설치 (효과는 있을 것으로 판단되나 부재의 제작에 시간이 소요될 것임)

- 설치 Bed 확인 및 alignment 재점검을 통한 가진력 저감

#### (2) 중장기

- Compressor, Compressor Common Bed, Concrete Base 등의 일부 혹은 전체의 구조변경을 통한 공진회피.

- 구동 벨트의 폴리 직경 변경을 통한 가진 주파수 변경.(설계 용량 확인 필요)

## 6. 진동 저감 결과

### 6.1 조치 내용

(1) V-Belt에 의해 동력을 전달하는 폴리의 Diameter를 가공하여 회전수를 감소시킴으로 공진 회피를 위한 가진 주파수를 470rpm에서 400rpm으로 변경하였다.

(2) Compressor Pedestal에 Mortar주입을 통한 강성 보강 및 Compressor가 설치되어 있는 구조물 보강하였다.

## 6.2 진동 저감 효과 확인

최초 문제 발생시 최대 40.9mm/sec(A호기), 53.8mm/sec (B호기)의 고진동이 발생하였으나 상기 2가지 조치 후 최대 3.4mm/sec의 진동으로 안정적으로 운전되었다. (이 비교내용은 무부하 운전조건이다. 고진동으로 진동 저감을 위한 시험들은 무부하 조건에서 실시되었다. 최종 운전의 안정성 확인을 위한 부하 운전 결과는 Table 2에 나타내었다.)

**Table 3** Natural Frequency of Compressor

운전 조건	최대 진동치
A호기 단독 운전	2.1mm/sec
B 호기 단독 운전	3.3mm/sec
A & B 병렬 운전	4.0mm/sec

## 7. 결 론

수직형 왕복동식 압축기의 고진동 발생원인은 운전주파수(1X)와 그 2배 성분(2X)가 압축기의 고유진동수가 근접하여 발생한 공진이었다.

이의 해결을 위해 기기의 구조 변경을 통한 고유진동수 변경과 Belt 폴리 다이아 변경을 통한 가진주파수 변경을 통한 공진 회피 방안을 제시하였다.

시간과 비용적인 측면에서 비교적 실행하기 쉬운 두번째 방법을 적용하여 93.7%의 진동 저감 효과와 안정적인 상업 운전이 가능함을 확인하였다.

## 참 고 문 헌

- (1) Kim, S. T., Jeon, G. J. and Jeong, W. B., 2012, Force Identification and Sound Prediction of a Reciprocating Compressor for a Refrigerator, Transactions of the KSNVE, Vol. 22, No. 5, pp. 437~443.
- (2) Jeong, S. W. and Jang, G. H., 2001, Analytical Theory of Ball Bearing Considering Waviness of Rolling Elements, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering. Vol. 11, No. 7, pp. 275~286.