

공조용 압축기 가진력의 실험적 규명

Experimental Identification of Excitation Force of a Rotary Compressor

유상모* · 정의봉† · 한형석** · 안재우*** · 정상우****

Weui Bong Jeong, Sang Mo Ryu, Hyung Suk Han, Jae Woo Ahn and Sang Woo Jeong

1. 서 론

공조용 압축기의 진동은 연결된 배관의 파손을 야기시키는 원인이 된다. 따라서 압축기로부터 전달되는 배관 진동을 설계단계에 미리 파악하여 배관의 파손 여부를 예측하여야 할 필요가 있다. 해석을 통해 배관 진동을 예측하기 위해서는 진동의 원인을 정확히 파악하여야 한다. 그 원인은 압축기 진동이며, 진동을 유발하는 압축기 질량중심에서의 가진력을 정확히 규명한다면 보다 정확한 해석이 가능 할 것이다.

본 논문에서는 압축기 시스템 운동방정식을 이용하여 압축기셀에서의 가속도로 부터 압축기 가진력 산출식을 유도 하고 압축기 진동이 가장 심한 구간인 에어컨 시동 시의 가진력을 시간영역에서 규명 하였다. 또한 규명되어진 가진력을 이용한 시간 해석을 통해 배관에서의 진동을 예측 한 후 실험으로 얻은 배관에서의 진동과 비교 하여 규명된 가진력의 타당성을 확인 하였다.

2. 이 론

2.1 압축기 시스템의 운동 방정식

압축기는 모터 회전 주파수인 50Hz에서 가장 큰 진동을 하고 압축기를 마운트가 붙여져 있는 강체로 가정 할 수 있으며 질량 중심 좌표에 대한 운동 방정식은 다음과 같다.

$$[M]_G \{\ddot{X}\}_G + [K]_G \{X\}_G = \{F\}_G \quad (1)$$

단,

$$\{X\}_G^T = [X_G \ Y_G \ Z_G \ \Theta_x \ \Theta_y \ \Theta_z] \quad (2)$$

$$\{F\}_G^T = [F_{Gx} \ F_{Gy} \ F_{Gz} \ M_{Gx} \ M_{Gy} \ M_{Gz}] \quad (3)$$

여기서 $\{X\}_G$ 는 압축기 질량 중심점에서의 병진운동과 회전운동을 나타내고 $\{F\}_G$ 는 질량 중심에 대한 힘과 모멘트를 나타낸다. 식(1)의 관성행렬은 압축기의 질량과 관성 모멘트로부터 다음과 같이 계산된다.

$$[M] = \text{diag}(M, M, M, I_{Gx}, I_{Gy}, I_{Gz}) \quad (4)$$

식(4)의 $[M]$ 행렬에서 M 과 I_{Gx}, I_{Gy}, I_{Gz} 는 압축기 질량과 질량중심에서의 x, y, z 방향 질량관성모멘트이다. 그리고 i 번째 마운트의 강성 3축 성분을 (k_{xi}, k_{yi}, k_{zi}) 라고 하면 다음과 같다.

$$[K] = \sum_i^{n_i} [T_i]^T \begin{bmatrix} K_{xi} & 0 & 0 \\ 0 & K_{yi} & 0 \\ 0 & 0 & K_{zi} \end{bmatrix} [T_i] \quad (5)$$

여기서 변환행렬 $[T_i]$ 는 마운트 연결점의 좌표 (x_i, y_i, z_i) 와 압축기 질량 중심의 좌표 (x_G, y_G, z_G) 로부터 다음과 같이 구해진다.

$$[T_i] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & (z_i - z_G) & -(y_i - y_G) \\ 0 & 1 & 0 & -(z_i - z_G) & (x_i - x_G) \\ 0 & 0 & 1 & (y_i - y_G) & -(x_i - x_G) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

2.2 가진력 해석

압축기 셀 표면에서 가속도 $\{\ddot{X}\}_P$ 와 압축기 중심에서 가속도 $\{\ddot{X}\}_G$ 사이에는 다음의 관계가 있다.

$$\{\ddot{X}(f)\}_P = [T_P] \{\ddot{X}(f)\}_G \quad (7)$$

여기서 $\{\ddot{X}\}_G$ 은 식(2)에서 정의된 6×1 벡터이고 $[T_P]$ 행렬은 식(6)의 $[T_i]$ 와 동일하게 정의 된다. 셀 표면에서 측정된 가속도 채널수 N_p 를 6보다 크

† 교신저자: 부산대학교 대학원 기계설계공학과
E-mail : wbjjeong@pusan.ac.kr
Tel: (051) 510-2337, Fax: (051) 517-3805

* 부산대학교 대학원 기계공학부

** 국방기술품질원

*** (주) LG 전자

**** (주) 로커스

계 설정하면 최소 제곱법으로 중심에서의 가속도 벡터 $\{\ddot{X}\}_G$ 를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\{\ddot{X}(f)\}_G = ([T_P]^T [T_P])^{-1} [T_P]^T \{\ddot{X}(f)\}_P \quad (8)$$

식(3)에 정의된 압축기 질량중심에서 발생하는 힘과 모멘트 벡터는 식(1)로부터 다음과 같이 구해진다.

$$\{F(f)\}_G = \left([M]_G - \frac{1}{(2\pi f)^2} [K]_G \right) \{\ddot{X}(f)\}_G \quad (9)$$

3. 실험적 규명

3.1 질량중심에서의 주파수별 가진력

압축기 셀에서의 가속도를 측정한 후 식(8) 과 식(9)를 이용하여 질량 중심에서의 주파수별 가진력을 규명 하였다. 규명된 가진력 스펙트럼을 역 푸리에 변환을 통해 시간별 가진력을 도출 하였다. Fig.1은 압축기 질량중심에서 발생하는 힘의 시간 데이터의 추정 결과이다.

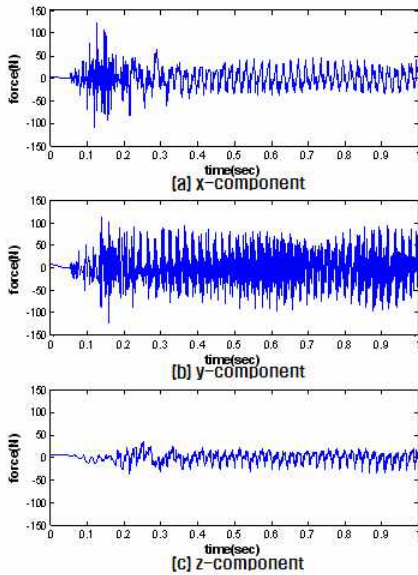


Fig. 1 Identified time data of exciting force

3.2 규명된 가진력의 검증

압축기와 파이프 형상을 모델링 하고 압축기 질량 중심에 가진력을 입력 후 범용 해석 툴인 나스트란을 이용하여 셀에서의 가속도를 구해 보았다.

Fig. 2는 압축기 셀에서의 가속도 측정점 및 전산 해석결과와 실험 데이터 비교 결과 그래프이다. 실

험과 해석결과가 비교적 일치함으로써 규명되어진 가진력의 타당성을 확인 할 수 있다.

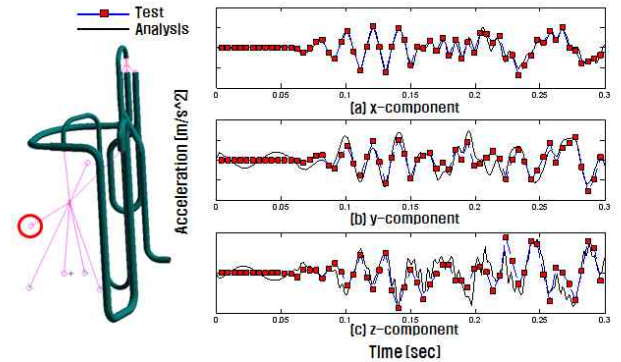


Fig. 2 Comparison of shell acceleration

3.3 배관에서의 진동예측

배관에서의 가속도를 예측하여 보았다. Fig 3. 은 배관에서의 가속도 측정점 및 전산 해석 결과와 실험 데이터 비교 결과 그래프이다. 예측된 가속도와 실제 실험으로 얻어진 가속도의 값이 비교적 일치하는 것을 확인 할 수 있다.

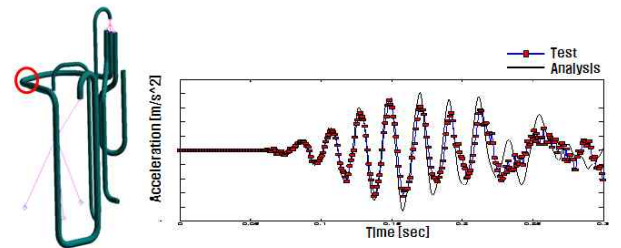


Fig. 3 Comparison of pipe acceleration

4. 결 론

압축기 질량중심에서의 가진력을 압축기 시스템 운동방정식으로부터 유도 하고 가진력의 타당성을 실험으로 검증 하였다. 또한 압축기에 부착된 배관에서의 진동을 예측하였으며 예측법의 타당성을 실험으로 검증하였다.

후 기

본 연구는 교육과학기술부와 한국 산업기술진흥원의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구 결과임