

상용 방진 요소들의 절연 성능에 대한 고찰 Examination on Isolation Performance of Commercialized Vibration Isolation Products

*#신윤호¹, 문석준¹, 정정훈¹, 송창규¹

*#Y. H. Shin(shinyh77@kimm.re.kr)¹, S. J. Moon¹, J. H. Chung¹, C. K. Song¹

¹ 한국기계연구원

Key words : Vibration Isolation, Transmissibility, Commercialized Isolator, Isolation Performance

1. 서론

반도체 산업을 비롯하여 정밀 공정, 가공과 관련된 산업이 급속도로 발전하면서 장비가 운용되는 실험실 환경의 진동에 대한 관심이 고조되고 있다. 환경 진동 특히, 지반에서 장비로 전달되는 진동의 영향을 최소화 하고자, 공기 혹은, 고무 등의 방진 요소들을 적용, 설계하는 방법에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다. 최근 방진 요소들을 포함하는 정밀 장비에 대한 시뮬레이터 개발과 관련된 연구가 진행되고 있으며, 이 과정에서 시판 중이며 현장에 빈번하게 실 적용되는 방진 요소들에 대한 성능 검토를 필요로 하고 있다. 본 연구에서는 충격 시험을 통해 정밀 장비를 대상으로 적용되는 상용 방진 요소들에 대한 성능 검토를 수행하고자 한다.

2. 충격 시험을 통한 상용 방진 요소들의 강성 및 감쇠 계수 추출

본 장에서는 현재 산업 현장에서 빈번하게 사용되는 상용 방진 요소들에 대한 절연 성능을 살펴보고, 나아가 각 방진 요소에 대한 데이터베이스 구축을 위하여, 충격 시험을 통해 각 방진 요소들의 강성 및 감쇠 계수를 추출하는 과정을 기술한다. 충격 시험을 통해 방진 요소의 성능을 검토하기 위한 절차는 Fig. 1 과 같다.

충격 시험을 통한 강성 및 감쇠의 추출은 힘과 가속도 사이의 주파수응답함수(Inertance)를 통해서 추정된다. 이는 고유진동수의 위치와 파워가 절반이 되는 지점의 너비 등을 이용하여 추출되며, 제조사로부터 제공되는 방진 성능과의 비교를 위해 1-자유도 계의

전달률을 계산하여 비교한다. 충격 시험을 통해 추출된 강성 및 감쇠는 6-자유도계의 방진 성능 예측 점도를 높이는 데 사용이 가능하다.

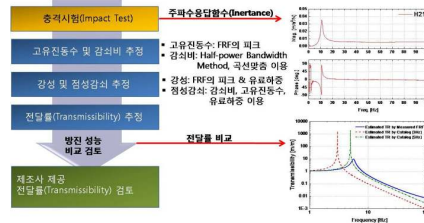


Fig. 1 Procedure for Examination of Commercialized Vibration Isolation Products

2.1 충격 시험 장비의 구성

충격 시험을 위한 시험 구성은 Fig. 2 와 같으며, 총 4 종류의 방진 요소들에 대해 80(320), 160, 240 kg 의 유탄하중을 설치하고 충격망치(PCB, 0.73mV/N)와 가속도계(PCB, 100 mV/g)를 이용하여 주파수응답함수(Inertance)를 측정하였다. 측정 장비는 B&K Pulse Analyser(분해능: 0.125 Hz, 샘플링주파수: 400 Hz)를 이용하였으며, 양상블 평균 횡수는 5 회로 설정하였다.

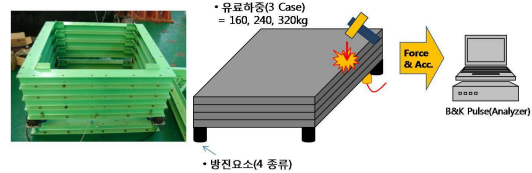


Fig. 2 Experimental Set-up for Impact Test

시험 결과의 신뢰성 확보를 위한 입력힘의 PSD 와 입·출력간의 상관도(Coherence)의 검토 결과는 Fig. 3 과 같으며, 이를 통해 측정 주파수응답함수의 유효성을 판단할 수 있다.

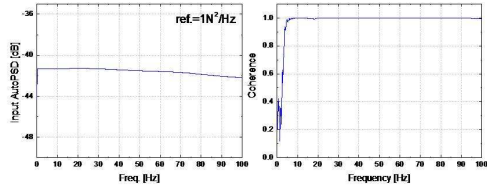
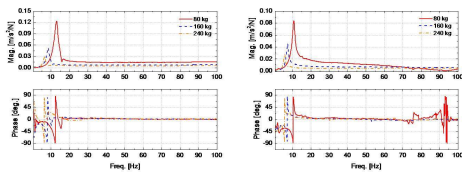


Fig. 3 PSD of Input Force and Coherence

2.2 상용 방진 요소들에 대한 충격 시험 결과

Fig. 4는 4종의 방진 요소 중 하나의 충격 시험 결과를 나타내고 있다. 이들을 이용하여 강성 및 감쇠 계수를 추정한다.

(1) 국외 A 제품



(a) vertical (b) horizontal

Fig. 4 Impact Test Results of Type A Isolation Product

2.3 상용 방진 요소의 강성 및 감쇠 계수 추출

(1) 강성 계수 추출

충격 시험 결과를 바탕으로 고유진동수 위치를 파악하여, 기측정된 유효하중의 질량과 식(1)을 이용하여 각 방진 요소들의 동적 강성 계수(Dynamic stiffness)를 산출한다.

$$k = \omega_n^2 \times m \tag{1}$$

이 때, 감쇠비(Damping ratio)가 0.1 이상인 경우에 대해서는, 고유진동수를 산출할 때 식(2)와 측정 결과를 곡선 맞춤(Curve fitting)하여 결정한다.

$$\frac{-\omega^2 X}{f} = \frac{-\omega^2}{-\omega^2 + j2\zeta\omega_n\omega + \omega_n^2} \tag{2}$$

(2) 점성 감쇠 계수 추출

점성감쇠(Viscous damping) 계수 산출은 감쇠비가 0.1 이하인 경우에 대해서는 하프파워법(Half-power bandwidth method)을 이용하여 계산하며 0.1 이상인 경우는 식(2)와 측정결과를 곡선 맞춤하여 계산한다. 하프파워법을 이용한 감쇠비의 결정은 식(3)과 같으며, 이로부터 식(4)을 이용하여 점성 감쇠를 계산한다.

$$\zeta = \frac{1}{2} \times \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_n} \tag{3}$$

where ω_1, ω_2 is the frequencies of half-power point

$$c = 2\zeta \times \sqrt{mk} \tag{4}$$

4 종류의 방진 요소들 중 하나에 대해 추출한 수직방향 고유진동수, 감쇠비, 강성계수, 점성감쇠계수를 정리하면, Table 1과 같다.

Table. 1 Type A of Foreign Company

(a) Vertical Direction

Mass [kg]	f_n [Hz]	ζ	k [N/m]	c [Ns/m]
80	13.0	0.07	1.3×10^5	2.2×10^2
160	8.5	0.07	1.1×10^5	3.1×10^2
240	6.5	0.07	1.0×10^5	3.3×10^2

3. 상용 방진 요소들의 제진 성능 고찰

1-자유도 계에 대해 계산한 전달률은 Fig. 5와 같으며, 이는 2장에서 산출한 강성 및 점성감쇠 계수를 이용하여 산출한 전달률과 제조사 제공 정보를 이용하여 계산한 결과를 함께 비교하여 나타낸다. 본 연구에서 산출한 방진 성능은 전반적으로 제조사 제공 방진 성능에 미치지 못함을 관찰 할 수 있으며, 크기는 50% 이상의 차이가 관찰된다.

(1) 국외 A 제품

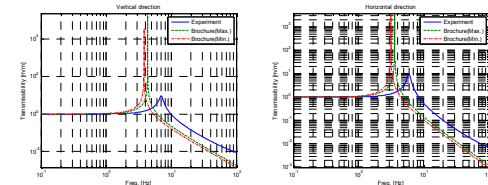


Fig. 5 Comparison of Transmissibility between Measurement and Catalog: Type A

4. 결론

본 연구에서는 스테이지 등의 정밀 장비를 대상으로 적용되는 상용 방진 요소들에 대한 제진 성능을 비교·검토하였다. 측정 결과가 제작사에서 제공하는 제진 성능과 다소 차이가 존재함을 확인였으며, 이는 방진 요소들을 포함하는 정밀 장비의 거동 예측을 위해 개발 중인 시뮬레이터의 정확성을 높이기 위한 데이터베이스로 활용하고자 한다.

후기

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발 사업(과제번호: 10033735)의 일환으로 수행되었습니다.