

# 상용 방진 요소들에 대한 제진 성능 특성에 대한 고찰

## Examination on Isolation Performance of Commercialized Vibration Isolation Products

신윤희† · 문석준\* · 정정훈\* · 송창규\* · 김병섭\*  
 Y. H. Shin, S. J. Moon, J. H. Chung, C. K. Song and B. S. Kim

### 1. 서 론

반도체 산업을 비롯하여 정밀 가공과 관련된 산업이 급속도로 발전하면서 장비가 운용되는 실험실 환경의 진동에 대한 관심이 고조되고 있다. 최근 방진 요소들을 포함하는 정밀 장비에 대한 시뮬레이터 개발과 관련된 연구가 진행되고 있으며, 이 과정에서 방진요소 데이터베이스 구축을 목적으로 현장에 빈번하게 실적용되는 방진 요소들에 대한 성능 검토 필요성을 제기하고 있다. 본 연구에서는 충격 시험을 통해 정밀 장비를 대상으로 적용되는 상용 방진 요소들에 대한 성능 검토를 수행하고자 한다.

### 2. 상용 방진 요소들에 대한 충격 시험을 통한 감성 및 감쇠 계수 추출

현재 시판중인 상용 방진 요소들의 성능을 살펴보고 각 방진 요소에 대한 데이터베이스 구축을 위하여, 충격 시험을 통해 각 방진 요소들의 감성 및 감쇠 계수를 추출하였다. 충격 시험을 통해 방진 요소의 성능을 검토하기 위한 절차는 그림 1과 같다.

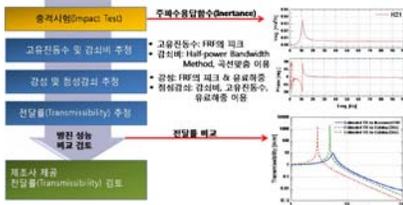


Figure 1 Procedure for Examination of Commercial Vibration Isolation Products

† 교신저자: 정희원, 한국기계연구원  
 E-mail : [shinyh77@kimm.re.kr](mailto:shinyh77@kimm.re.kr)  
 Tel : 042-868-7211, Fax : 042-868-  
 \* 정희원, 한국기계연구원

### 2.1 시험 장비 구성

충격 시험을 위한 시험 구성은 그림 2와 같으며, 총 4 종류의 방진 요소들에 대해 160, 240, 320 kg의 유효하중을 설치하고 충격망치(PCB)와 가속도계(PCB)를 이용하여 주파수응답함수(Inertance)를 측정하였다. 측정 장비는 B&K Pulse Analyser(분해능: 0.125 Hz, 샘플링주파수: 400 Hz)를 이용하였으며, 앙상블 평균 횟수는 5회이다.

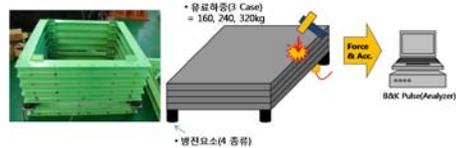


Figure 2 Experimental Set-up for Impact Test  
 입력힘의 PSD와 입·출력간의 상관도(Coherence)는 그림 3과 같으며, 이를 통해 측정 주파수응답함수의 유효성을 판단할 수 있다.

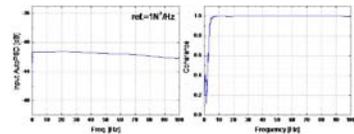
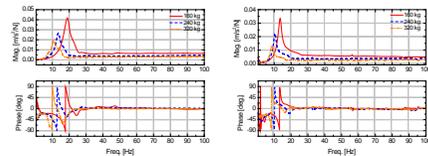


Figure 3 Power Spectral Density of Input Force and Coherence

### 2.2 상용 방진 요소들에 대한 충격 시험 결과

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

(1) 국내 A 제품



(a) Vertical (b) Horizontal

Figure 4 Impact Test Results of Type A Isolation Product  
 2.3 상용 방진 요소들에 대한 감성 및 점성 감

## 쇠 계수 추출

### (1) 강성 계수 추출

충격 시험 결과를 바탕으로 고유진동수 위치를 파악하여, 기측정된 유로하중의 질량과 식(1)을 이용하여 각 방진 요소들의 동강성 계수를 산출한다.

$$k = \omega_n^2 \times m \quad (1)$$

이 때, 감쇠비(Damping ratio)가 0.1 이상인 경우에 대해서는, 고유진동수를 산출할 때 식(2)와 측정 결과를 곡선 맞추어 결정한다. 곡선 맞추는 예는 그림 5와 같다.

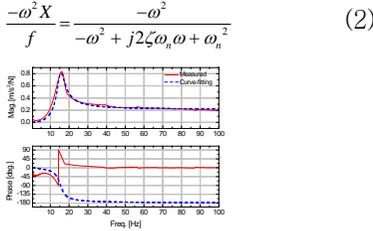


Figure 5 Example of Curve Fitting on Impact Test Result

### (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 맞추어 계산한다. 하프파워법을 이용한 감쇠비의 결정은 식(3)과 같으며, 이로부터 식(4)을 이용하여 점성 감쇠를 계산한다.

$$\zeta = \frac{1}{2} \times \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_n} \quad (3)$$

where  $\omega_1, \omega_2$  is the frequencies of half-power point

$$c = 2\zeta \times \sqrt{mk} \quad (4)$$

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

Table 1 Extracted Parameters of Type A

#### (a) Vertical Direction

Mass [kg]	$f_n$ [Hz]	$\zeta$	k [N/m]	c [Ns/m]
160	19.0	0.08	$5.7 \times 10^5$	$7.8 \times 10^2$
240	13.6	0.09	$4.4 \times 10^5$	$9.3 \times 10^2$
320	10.8	0.10	$3.6 \times 10^5$	$1.1 \times 10^3$

#### (b) Horizontal Direction

Mass [kg]	$f_n$ [Hz]	$\zeta$	k [N/m]	c [Ns/m]
160	13.5	0.07	$2.8 \times 10^5$	$5.0 \times 10^2$
240	10.4	0.08	$2.5 \times 10^5$	$6.0 \times 10^2$
320	8.5	0.10	$2.3 \times 10^5$	$8.6 \times 10^2$

## 3. 상용 방진 요소들의 제진 성능 고찰

### 3.1 1-자유도 계를 이용한 방진 요소 제진 성능 비교

본 연구에서는 제조사에서 제공하는 상용 방진 요소들의 제진 성능을 검토하기 위하여 1-자유도 진동계를 이용한다. 1-자유도 계를 대상으로 지반 진동에 대한 유로하중 상부 진동의 비를 의미하는 전달률(Transmissibility)은 식(5)과 같다.

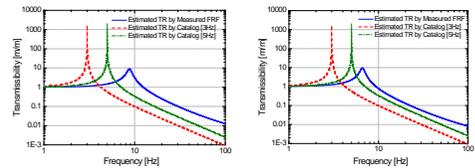
$$\frac{X}{X_g} = \frac{j\omega c + k}{-m\omega^2 + j\omega c + k} \quad (5)$$

이는 각 제조사에서 제공하는 각자 다른 성능 지표를 하나로 나타내어 비교하기 위한 수단으로 도입하였으며, 대부분의 제조사에서는 감쇠 계수 정보는 제공하지 않는다.

### 3.2 방진 요소 제진 성능 고찰

1-자유도 계에 대해서 식(5)를 이용하여 계산한 전달률은 그림 6과 같으며, 이는 2장에서 산출한 강성 및 점성감쇠 계수를 이용하여 산출한 전달률과 제조사 제공 정보를 이용하여 계산한 결과와 함께 비교하여 나타낸다. 본 연구에서 산출한 방진 성능은 전반적으로 제조사 제공 방진 성능에 미치지 못함을 관찰 할 수 있으며, 크기는 100% 이상의 차이가 관찰된다.

#### (1) 국내 A 제품



(a) Vertical

(b) Horizontal

Figure 6 Comparison of Transmissibility between Measurement and Catalog: Type A

## 4. 결 론

본 연구에서는 정밀 장비를 대상으로 적용되는 4종의 상용 방진 요소들에 대한 제진 성능 검토를 수행하였다. 측정 결과가 제작사에서 제공하는 제진 성능과 다소 차이가 존재함을 확인할 수 있었으며, 이는 방진 요소들을 포함하는 정밀 장비의 거동 예측을 위해 개발 중인 시뮬레이터의 정확성을 높이기 위한 데이터베이스로 활용하고자 한다.

## 후 기

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