한국소음진동공학회 2013년 추계학술대회논문집, pp. 827~828

상용방진요소의 동특성에 대한 고찰

Examination on Dynamic Characteristics of Commercialized Vibration Isolation Products

문석준† · 신윤호* · 정정훈* ·송창규**

Seok-jun Moon, Yun-ho Shin, Jung-Hoon Chung, Chang-Kyu Song

1. 서 론

전자산업을 비롯하여 정밀가공 및 검사와 관련된 산업이 급속도로 발전하면서 관련 장비의 정밀도 향상에 대한 요구가 증가하고 있다. 이와 더불어 설계단계에서부터 장비의 정밀도를 정확히 예측하는 연구가 진행되고 있다. 정밀장비의 성능을 정확히 예측하기 위해서는 장비를 구성하고 있는 모든 부품의 특성을 정확하게 파악해야 한다. 대부분의 정밀 장비는 하부에 방진요소 설치하여 내/외부의 진동으로부터 장비를 보호하고 있다. 방진요소의 제작사들은 방진요소의 동특성을 제한적으로 제공하고 있으며, 이를 이용하여 장비를 설계하고 정밀도 등을 예측하게 된다. 본 연구에서는 제작사들이 제공하고 있는 방진요소의 특성자료를 설계단계에서 사용할 때, 정밀도 예측에 미치는 영향을 검토하고자 한다.

2. 대상 방진요소

국내의 정밀 가공/검사장비에서 사용하고 있는 5종의 방진요소를 선정하였으며, 국내 장비에서 대부분 채용하고 있는 제품이다. 선정된 방진요소는 Fig. 1과 같으며, 국내사 제품 2종(상단)과 외국사 제품 3종(하단)으로 구성하였다. 공기를 주입하는 고무마운트 제품이 2종, 순수한 고무마운트 제품이 1종, 공기 마운트 제품이 1종, 고무패드 제품이 1종이다. 공기 마운트 제품은 레벨링 기능이 있어서 공기압을 자율적으로 조절할 수 있는 제품이다.

† 문석준 ; 한국기계연구원
E-mail : sjmoon@kimm.re.kr
Tel : 042-868-7428, Fax : 042-868-7418
* 한국기계연구원 시스템다이나믹스연구실
** 한국기계연구원 초정밀시스템연구실

Fig. 1 Commercialized Vibration Isolators

3. 실험적 동특성 파악

방진요소의 제작사에서는 방진요소의 동특성 자료를 제한적으로 제공하고 있다. 일반적으로 국내사들은 고유 진동수만을 제공하고 있으며, 외국사들은 하중에 따른 고유진동수를 도표로 제공하고 있다. 하지만 응답을 예측하기 위해서는 감쇠비 정보가 필요하며, 감쇠비 정보를 제공하는 제작사는 거의 없다. 본 장에서는 5조의 방진요소에 대해 실험적으로 동특성을 파악하고, 이를 제작사 제공 자료와 비교하고자 하였다. 동특성 파악을 위해 impact test를 수행하였으며, 절차는 Fig. 2에 정리하였다. 실험을 통해 고유진동수와 감쇠비를 추정하고, 이를 바탕으로 강성 및 점성 감쇠를 추정하였다.

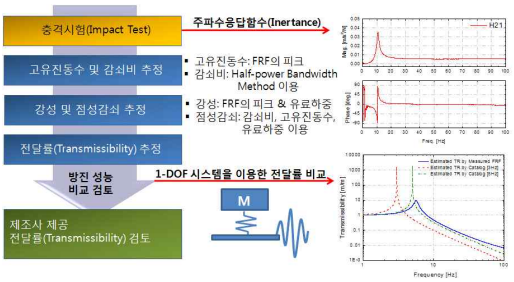

Fig. 2 System Identification Process

Fig. 3은 수직방향 진동 전달률에 대한 시험결과로서 제작사 제공 자료와 비교하여 보여주고 있다. 5종의 방진요소 중 4종에 대해서만 제작사가 자료를 제공하고 있다. 고유 진동수만 비교해 볼 때, 약 20 % ~ 약 50 %의 차이가 있는 것을 확인할 수 있으며, 대부분 제작사들은 감쇠비 정보는 제공하지 않고 있다. 수평방향도 대부분 비슷한 경향을 보이고 있음을 확인하였다. 단, 실험으로부터 얻은 고유진동수는 4개를 1 세트로 실험한 경우의 수치이므로 방진요소의 1 세트의 평균 고유진동수로 판단해야 한다.

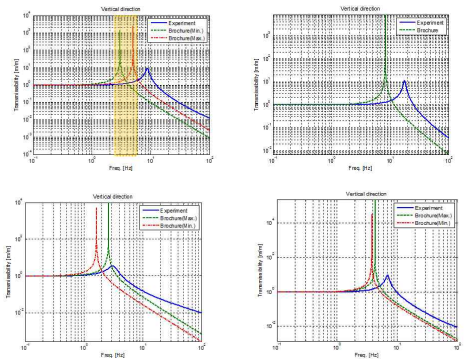

Fig. 3 Transmissibility from Impact Test

4. 장비의 진동 전달률 예측

설계하는 장비의 진동응답을 정확히 예측하기 위해서는 방진요소의 동특성에 대한 정보를 확보해야 하며, 제작사의 제공정보로는 부족한 면이 많다. 3장에서 논의된 바와 같이 간단한 impact test로부터 동특성 정보를 확보하는 것이 현실적인 대안이 될 수 있다. 하지만 impact test로부터 얻는 정보는 1차 고유진동수와 감쇠비뿐이므로 환경진동에 대한 응답 정확도를 확인해 보았다. 진동대 위에 모델장비와 방진요소를 설치한 후 80 Hz까지 가진 후 전달률을 해석과 비교해 보았다. 대표적으로 2종의 방진요소에 대한 수직방향 결과를 Fig. 4에 보였으며, 수평방향 결과는 Fig. 5에 수록하였다.

Fig. 4와 5에서 보듯이 방진요소의 동특성을 실험으로 산정하였음에도 불구하고, 해석과 실험결과에는 차이가 있음을 알 수 있다. Table 1은 평균 전달률 차이를 정리하였다. 이러한 차이는 대부분 감쇠비로부터 기인한 것으로 예상된다. 일반적으로 고무제품의 감쇠비는 비선형성이 큰 것으로 알려져 있다. Table 1에서 보는 바와 같이 수직방향에서는 최대 22.3 %의 차이를, 수평방향에서는 최대 42.4 %의 차이를 나타내고 있다.

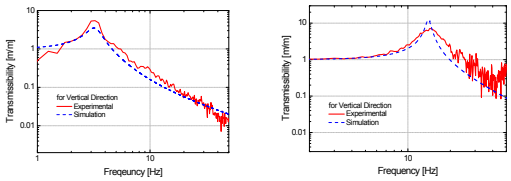

Fig. 4 Vibration Transmissibility in Vertical Dir.

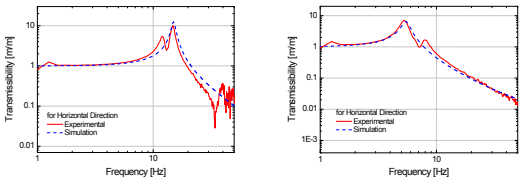

Fig. 5 Vibration Transmissibility in Horizontal Dir.

Table 1 Error in Frequency and Time Domains

Product	Error in Vertical Dir.	Error in Horizontal Dir.	Average Error
A	5.9 %	18.4 %	12.2 %
B	20.0 %	42.4 %	31.2 %
C	7.1 %	5.8 %	6.5 %
D	12.7 %	13.2 %	13.0 %
E	22.3 %	18.5 %	20.4 %
Average	13.6 %	19.7 %	16.7 %

5. 결론

본 연구에서는 국내사 제품 2종과 외국사 제품 3종에 대해 동특성 파악 실험을 수행하고 제작사 제공 자료와 비교해 보았다. 고유진동수는 20 % ~ 50 %의 차이를 보이고 있으며, 감쇠비 정보는 제공하지 않고 있다. 따라서 제작사 제공 자료로부터 방진요소가 설치된 정밀 가공/검사 장비의 진동응답에 대한 정확한 예측은 거의 불가능하다. 또한 impact test를 통해 얻은 동특성 자료를 활용할 경우에도 감쇠비 문제로 평균 17 %의 오차를 보이고 있다.

후 기

본 연구는 한국기계연구원 2013년도 주요사업(과제명: 기계장비 제어/방진특성 예측 시뮬레이터 개발)의 연구과제 결과의 일부입니다.