한국소음진동공학회 2014년 춘계학술대회논문집, pp. 211~212

인공위성 태양전지판 진동저감을 위한 4자유도 TMD 모델링 및 실험

The Modeling and Experiment on the 4 DOF TMD for Vibration Suppression of the Satellite Solar Panel

이재형†·배재성*·황재혁*·박정선*·박근수**

Jaehyeong Lee, Jae-Sung Bae, Jai-Hyuk Hwang, Jungsun Park, and Keunsoo Park

1. 서 론

인공위성의 기동 시 태양전지판과 같은 유연 구조물에서 진동이 발생하기 쉽다. 이러한 구조물에서 발생하는 진동은 인공위성의 영상 품질에 영향을 끼쳐 원하는 영상 품질을 얻기 힘들다. 고기동 소형인공위성의 경우 임무를 위해 신속 기동 후 진동이 빨리 감쇠되어야 빠른 시간 안에 원하는 지역의 영상을 좋은 품질로 획득할 수 있다. 따라서 인공위성의 설계 시 태양전지판의 진동 저감을 위한 설계는 필수적으로 수행되어야 한다. 본 연구에서는 인공위성의 태양전지판에서 발생하는 진동 저감을 위해 널리 사용되어 온 TMD(Tuned Mass Damper)를 적용하고자 한다.

세장비가 낮은 태양전지판의 경우 평판으로 모델링이 가능하며 굽힘 진동과 비틀림 진동 모두 감쇠 대상이 된다. 본 연구에서는 이러한 인공위성의 태양전지판에서 발생하는 진동을 저감하기 위해 인공위성을 굽힘과 비틀림 진동을 가지는 평판으로 모델링 하였으며 평판의 진동 저감을 위한 TMD두 가지를 부착하여 굽힘과 비틀림 진동 모두 저감하기 위한 4자유도 평판 TMD를 모델링 하였다. 여기에 파라미터 스터디와 실험을 통해 성능을 검증하였으며 추가적인 감쇠를 더하기 위해 와전류 효과를 이용한 ECD(Eddy Current Damper)를 적용한 MTMD의 성능을 검증하였다.

† 교신저자; 비회원, 한국항공대학교
E-mail : xacarerog@gmail.com
Tel : 02-3159-0406, Fax : 02-3159-0406
* 한국항공대학교
** 국방과학연구소

2. 본 론

2.1 4자유도 TMD모델링 및 파라미터 스터디

(1) 4자유도 TMD모델링

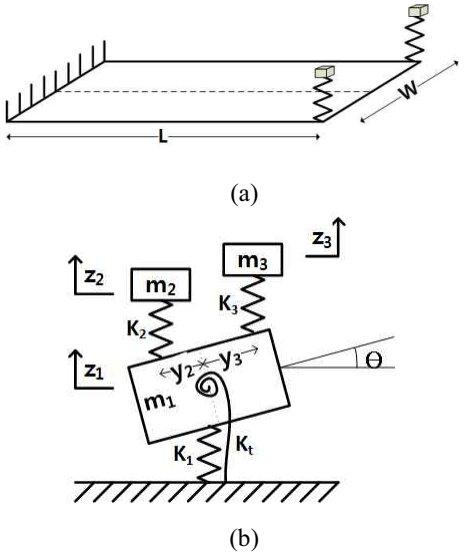

Figure 1 4DOF Modeling of the Plate with TMDs

Fig. 1(a)와 같은 TMD가 부착된 평판을 Fig. 1(b)와 같이 모델링 하였다. Fig. 1(b)와 같은 모델의 운동방정식은 뉴턴방정식이나 라그랑주 방정식으로 쉽게 유도할 수 있다.

$$\mathbf{M}=\begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & J+m_2y_2^2+m_3y_3^2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\mathbf{K}=\begin{bmatrix} k_1+k_2+k_3 & -k_2 & -k_3 & k_3y_3-k_2y_2 \\ -k_2 & k_2 & 0 & k_2y_2 \\ -k_3 & 0 & k_3 & -k_3y_3 \\ k_3y_3-k_2y_2 & k_2y_2 & -k_3y_3 & k_t+k_2y_2^2+k_3y_3^2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

(2) 4자유도 TMD 파라미터 스터디

일반적인 TMD의 설계 파라미터인 질량비 μ와 주파수비 β의 변화에 따라 나오는 평판의 응답을 확인해 보았다. 평판과 굽힘 진동 저감을 위한 TMD의 질량비는 μ_1, 평판과 비틀림 진동 저감을 위한 TMD의 질량비는 μ_2이다. Fig. 2에 그려진 결과처럼 μ_1과 μ_2를 0.05, 0,1, 0,15, 0.2로 동일한 값으로 변화시킨 결과 평판의 고유 진동수를 기준으로 TMD의 추가된 자유도만큼 주파수가 분리되어 질량비가 증가할수록 갭이 증가하는 경향을 보인다.

주파수 비의 변화에 따른 응답은 Fig. 3에 보이는 것처럼 주파수비가 증가할 때 마다 분리된 고유진동수가 같이 증가하며 크기가 달라지는 것을 확인할 수 있다.

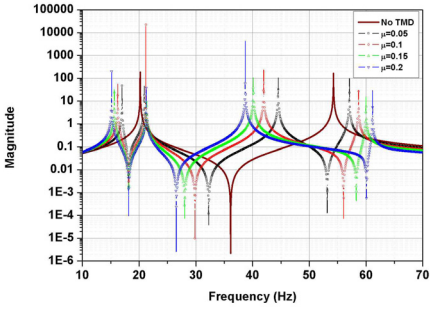

Figure 2 Parameter study result by changing $\mu(\beta_1=\beta_2=0.9)$

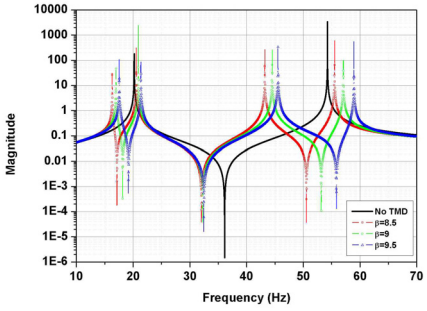

Figure 3 Parameter study result by changing $\beta(\mu_1=\mu_2=0.05)$

2.2 4자유도 TMD 실험

TMD의 파라미터를 바탕으로 실험모델을 제작 후 실험을 수행하였다. 우주구조물에 장착되는 것을 고려하여 질량비는 0.05로 고정하였고, β_1과 β_2 모두 0.9로 선택하였다. 그리고 와전류 감쇠기인 ECD를 장착하여 감쇠 효과를 확인하였다. Fig. 4의 결과처럼 ECD의 효과가 더해진 MTMD를 평판에 장착한 경우 굽힘 모드를 약 −33.42dB, 비틀림 모드를 약 −46.63dB의 효과를 확인할 수 있다.

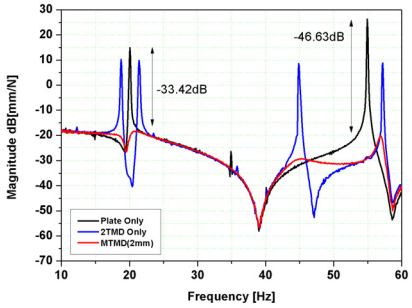

Figure 4 The experiment result of the plate with MTMD

3. 결 론

본 연구에서 필자는 평판에서 발생하는 진동 저감을 위한 4자유도 TMD 설계 기법을 제시하였다. TMD의 파라미터에 따른 감쇠 효과가 다름을 파라미터 스터디를 통해 확인할 수 있으며 MTMD를 적용한 평판의 진동 저감 성능을 실험을 통해 확인할 수 있었다.

후 기

본 논문은 국방광역감시 특화연구센터 프로그램의 일환으로 방위사업청과 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다.