

스마트 압전필름을 이용한 구조물 진동제어 기초연구

Fundamental study on active structural vibration control using smart piezoelectric films

이용훈* · 이정석* · 김규학* · 임홍재** · 임시형†

Yong Hoon Lee, Jung Suk Lee, Kyu Hak Kim, Hong Jae Yim and Si Hyung Lim

1. 서론

가전제품이나 수송기계와 같은 기계구조물에서 발생하는 진동은 상품성을 저하시키고 내구수명을 단축시키는 악영향을 가져올 수 있다⁽¹⁾. 이러한 진동을 억제하기 위한 방법으로 구조물 자체의 동역학적 특성을 바꾸는 수동진동제어와, 변형이 생기면 전압을 생성하고 전압을 가하면 변형이 생기는 압전필름을 이용하는 능동진동제어로 나눌 수 있다⁽²⁾. 본 연구에서는 PVDF 압전필름을 이용하여 외팔보의 1 차 고유진동모드에서 발생하는 진폭을 줄이고 나아가 플레이트의 1 차 고유진동모드에서 발생하는 진폭을 줄이는 능동진동제어에 대한 기초연구를 수행한다.

2. 외팔보 진동제어

본 연구에 사용되는 외팔보와 외팔보에 부착되는 PVDF 압전필름 센서 및 액추에이터의 크기는 Fig.1 과 같으며 외팔보의 재질은 스테인레스 스틸이다. 본 절에서는 외팔보의 고유진동모드들 중에서 진폭이 가장 크게 나타나는 1 차 고유진동모드의 진폭을 줄이는 것을 목표로 한다. 제어에 사용될 센서와 액추에이터의 위치는 1 차 고유진동모드에서 최대변형 에너지가 저장되는 외팔보 고정부분 아랫면과, 고정부분 윗면에 1 개 씩 Fig.1 과 같이 부착하였다⁽³⁾. 진동제어에 앞서 제어가 될 1 차 고유진동모드를 구하기 위해 컴퓨터(MSC/Nastran)를 통해 구한 해석값과 레이저 바이브로미터(LSVH100D)를 이용하여 측정된 실험값을 각각 비교하였다. 그 결과 해석값은 14.15Hz, 실험값은 14.00Hz 로 오차는 약 1% 였으며 이를 통해 측정된 실험값을 신뢰할 수 있다는 결과를 얻었다. 고유진동모드를 측정 후, 진동제어를 수행하기 위해 부착된 센서와 액추에이터를 NI USB-6211 DAQ 에 연결하였다. 1 차 고유진동모드

에서 발생하는 변형에 의해 센서에서 나오는 전압을 입력으로, 액추에이터에 가해지는 전압을 출력으로 설정하였으며 출력전압을 높이기 위해서 앰프(Piezo power supplier)를 사용하였다. 연결을 마친 후 PID 제어에 입력과 출력을 각각 연결하였다. 즉, 외팔보의 1 차 고유진동모드에서 발생하는 굽힘변형에 의해 압전필름 센서에서 생성된 전압을 입력신호로 받고, 이를 PID 제어를 통해 출력전압을 액추에이터에 가하여 굽힘변형을 발생시킴으로써 1 차 고유진동모드에서 발생하는 진폭을 줄이는 것이다. 진동제어 실험에서도 레이저 바이브로미터를 사용하였으며 제어에 의해 감소되는 진폭을 측정하였다. 제어를 적용하였을 때와 적용하지 않았을 때 각각 세 번씩 실험을 수행하였으며 그 결과 1 차 고유진동모드에서 평균적으로 진폭이 약 20%감소하였다. 실험 결과들 중에서 가장 뚜렷하게 진폭이 감소되는 결과를 Fig.2 에 나타내었다.

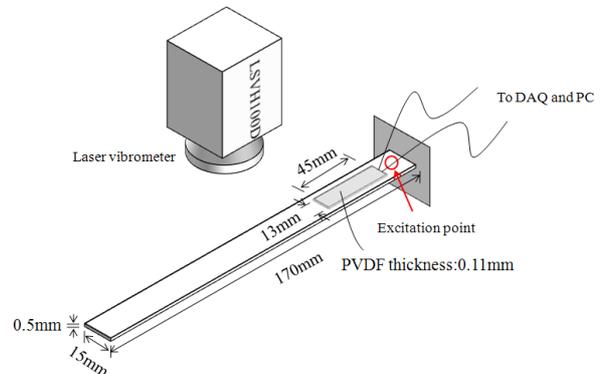


Figure.1 Setup of the controlled cantilever beam

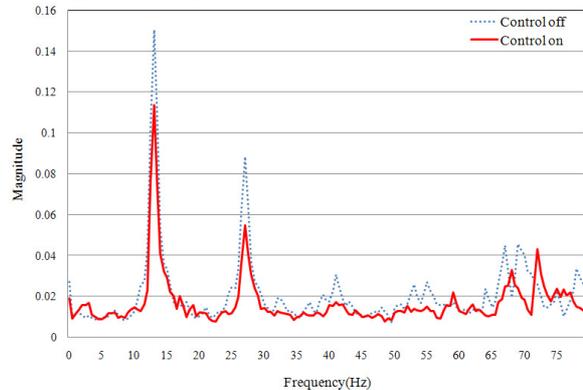


Figure.2 Measured FRF for the cantilever beam

† 교신저자; 국민대학교 기계시스템공학부
E-mail : shlim@kookmin.ac.kr
Tel : (02) 914-8812, Fax : (02) 910-5037
* 국민대학교 자동차공학 전문대학원
** 국민대학교 자동차공학과

3. 플레이트 진동제어

본 절에서는 고정되지 않은 직사각 플레이트의 고유진동모드들 중에서 진폭이 가장 크게 나타나는 1차 고유진동모드의 진폭을 줄이는 제어를 수행하려고 한다. 연구에 사용되는 플레이트와 부착되는 센서 및 액추에이터의 크기는 Fig.3 과 같으며 플레이트의 재질은 스테인레스 스틸이다.

플레이트의 1차 고유진동모드를 구하기 위해서 해석과 실험을 병행한 뒤 결과들을 비교하였다. 실험 시 플레이트를 구속하지 않기 위해서 Fig.3 과 같이 플레이트의 위쪽에 구멍 두 개를 뚫고 끈으로 프레임과 연결한 뒤 레이저 마이크로미터를 이용하여 실험을 하였다. 그 결과 해석값은 25.72Hz, 실험값은 24.00Hz로 오차가 약 6%였다.

진동제어를 하기에 앞서 해석을 통해 플레이트의 1차 고유진동모드에서 최대변형에너지가 가장 많이 저장되는 부분을 분석하였다. 그 결과 변형에너지가 가장 많이 저장되는 부분은 플레이트의 무게 중심을 지나는 수직방향 노달라인(nodal line)이었다. 따라서, 그 노달라인을 따라 Fig.3 과 같이 플레이트의 앞면에는 센서 2 개, 가진이 되는 뒷면에는 액추에이터 4 개를 부착하였다. 외팔보 진동제어 때와 같이 부착된 센서와 액추에이터를 DAQ 에 연결한 후 입력과 출력을 설정하였으며 PID 제어를 이용하였다. 실험은 총 3 번 수행하였으며 그 결과 평균적으로 1차 고유진동모드에서 발생하는 진폭이 약 25%감소하였다. 실험 결과 중에서 가장 뚜렷하게 진폭이 감소되는 결과를 Fig.4 에 나타내었다.

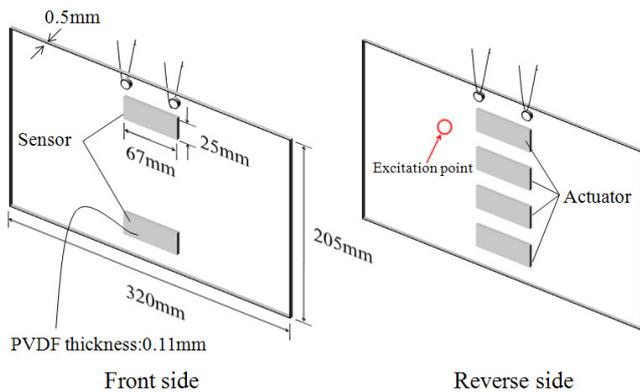


Figure.3 Rectangular plate and piezoelectric films

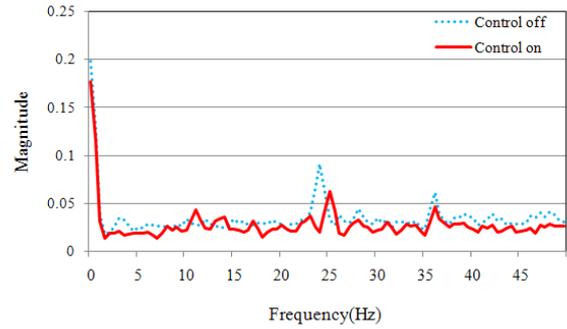


Figure.4 Measured FRF for the plate

4. 결론

본 연구에서는 압전필름을 이용하여 외팔보와 플레이트의 1차 고유진동모드에서 발생하는 진폭을 줄이는 능동진동제어에 대한 기초연구를 수행하였다. 그 결과 외팔보의 진폭은 평균 20%감소, 플레이트의 진폭은 평균 25%감소하는 것을 확인하였다.

향후에는 본 연구를 토대로 차체의 루프나 후드와 같이 복잡한 구조물에 능동진동제어를 적용할 계획이다.

후 기

본 논문은 서울시 산학연 협력사업의 지원으로 작성되었음. (과제번호 10583)

참 고 문 헌

- (1)Lee, J. K., Kim, C. M., Sa, J. S. and Hong, S. K., 2004, " An Experimental Study on Position and Thickness of Damping Material for Vibration Control of Automotive Roof," Proceedings of the KSAE Annual Autumn Conference, pp.1030~1035.
- (2)Choi, S. Y., Kim, J. T., Jung, T. S., Kang, K. W. and Park, K. H., 2002, " Active Vibration Control of a Cantilever Beam Using Piezoelectric sensor actuator," Proceedings of the KIEE Annual Summer Conference, pp.2123~2125.
- (3)Moon, S. J., 2004, " Active Vibration Control of An Automotive Roof Using Piezoelectric Sensor and Actuator," Graduate School of Automotive Engineering Kookmin University, A Mater's Thesis.