

전자기 스위칭 셉트댐핑을 이용한 빔 구조물의 진동제어

Vibration Control of Beam Structure Using Electromagnetic Switching Shunt Damper

성태홍* · 송현정** · 오일권†

Tai-Hong Cheng, Hyun-Jeong Song and Il-Kwon Oh

1. 서론

전자석은 아주 중요한 에너지 전환 장치로서 스피커의 보이스 코일, 진동 테스트 장비, 전자석 베어링, 자동차의 현가장치 제어, 저장기기의 픽업작동기, 그리고 자기 부상 열차 등 영역에서 사용되고 있을 뿐만 아니라 최근에 아주 작은 마이크로 구동기로서도 많은 연구가 진행 되고 있다. 그 이유는 전자석은 아주 강인하고 비교적 큰 힘을 발생 시키며 매우 작은 마이크로 단위 뿐 아니라 더 큰 매크로 스케일의 시스템에서도 구현이 용이하기 때문 이다.

소음과 진동저감에 대한 연구는 많이 진행되어 왔으며 주로 수동진동감쇠와 능동진동감쇠로 나눌 수 있다. 수동진동감쇠방법으로는 주로 점탄성재료처리(viscoelastic materials treatment)나 와전류감쇠기(eddy current damper) 등을 사용한 방법들이 있고, 능동진동감쇠방법으로는 압전재료(piezoceramic) 작동기를 사용하거나, 전자석 작동기(electromagnetic actuator) 등을 사용한 방법들이 있다. 전자석 작동기에 관한 연구에는 구조물의 위치 및 진동제어, 자기력 제어 등이 있다.

전자석 작동기와는 다르게 외부의 에너지 입력 없이 외부의 진동에너지로부터 전자기회로를 통해 발생하는 와전류방식을 이용하여 2005 년에 Sam 연구팀이 처음으로 전자기 셉트 감쇠기라는 개념을 제안 하였고 이에 이어서 Tsuyoshi 와 그 연구팀은 전자기 셉트 감쇠기를 보이스 코일에 적용하여 진동제어를 수행하였다. 전자기 셉트 감쇠기는 압전 셉트 감쇠기와 비슷한 개념으로서 전자석과 외부 회로를 통하여 구조물의 진동을 흡수하고 분산시키는 감쇠기이다.

본 연구에서는 스위칭 메커니즘을 전자기 트랜스듀서에 적용하여 캔틸레버 빔의 진동제어에 사용하였다. 스위칭 셉트댐퍼를 사용하였을 때의 감쇠효과

를 폐회로 셉트감쇠기와 비교를 하였으며 실험 결과를 통해 스위칭 셉트감쇠기가 더 좋은 감쇠효과를 보임을 시간 및 주파수 영역에서 확인하였다.

2. 본론

전자기 스위칭 셉트 감쇠기

Fig. 1 은 스위칭 셉트 감쇠기를 적용한 1 자유도 시스템을 보여주고 있다. 스위칭 셉트 감쇠기는 구조물이 진동을 할 때 스위칭을 함으로서 진동을 감쇠시키게 된다. 본 연구에서는 외팔보를 이용하여 진동제어를 수행하였으며 첫 번째 공진모드의 진동절연을 위해 스위칭 셉트 감쇠기를 사용하였다. Fig. 2 는 본 연구에서의 스위칭 셉트감쇠기의 구성을 보여주고 있다. 빔의 재질은 알루미늄을 사용하였으며 크기는 $480 \times 30 \times 2 \text{ mm}^3$ 이다. 또한 첫 번째 공진모드의 모드형상을 고려하여 자석과 코일을 빔의 끝 단에 배치하였으며 그림에서 보여주는 것과 같다. 또한 본 연구에서는 외부 저항을 R 을 0 으로 놓고 코일의 저항만을 고려하였다.

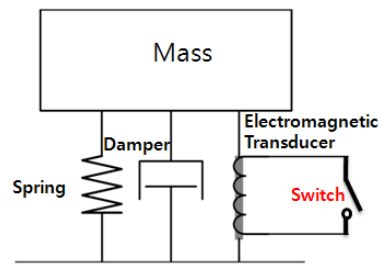


Fig. 1 Electromagnetic switching shunt damping system

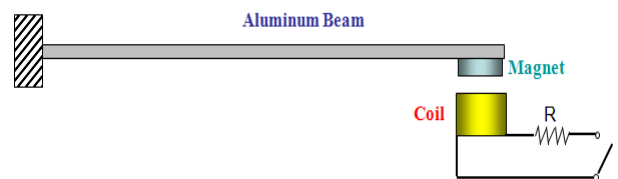


Fig. 2 Configuration of the shunted damping systems

† 교신저자; 전남대학교 기계시스템공학부

E-mail : ikoh@chonnam.ac.kr

Tel : (062) 530-1685, Fax : (062) 530-1689

* 전남대학교 기계공학과

** 전남대학교 기계시스템공학부

저항-스위칭 셉트감쇠기

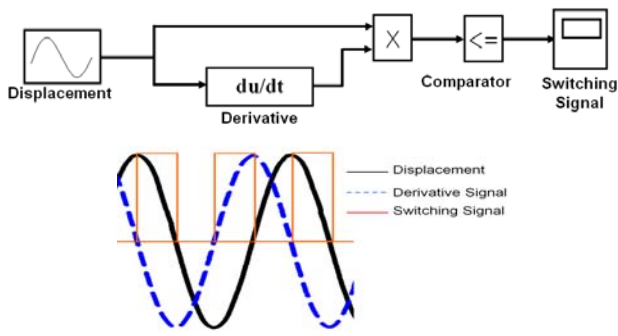


Fig. 3 Switching mechanism of resistive switching shunt damper

Fig. 3은 본 논문에서 사용한 저항-스위칭 셉트감쇠기의 원리를 설명하고 있다. 레이저 센서를 이용하여 변위를 측정하였으며 그 신호를 미분하고 비교기를 통과하여 펄스 신호를 발생시켜서 스위칭을 하게 된다.

결과 및 토의

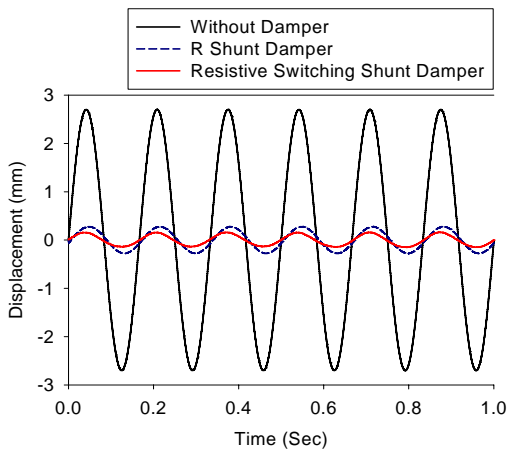


Fig. 4 Time responses of the cantilever with and without dampers

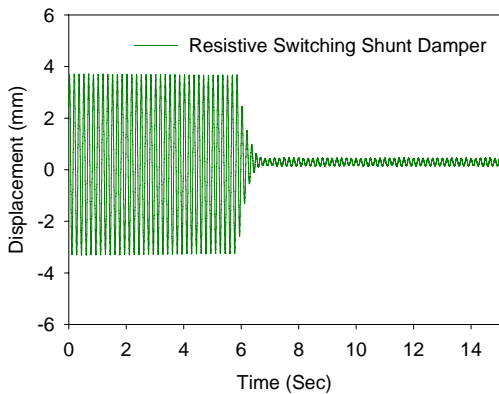


Fig. 5 Time response of the cantilever with resistive switching shunt damper

그림 4는 전자기 저항-셉트 셉트감쇠기와 스위칭 저항-셉트 감쇠기를 시간 영역에서 보여 주고 있다. 이때 가진 주파수는 6 Hz 이고 셉트감쇠기를 사용하지 않았을 경우 끝단에서의 변위진폭은 2.76 mm 이다. 두 방법 모두 좋은 감쇠효과를 보이지만 스위칭 효과를 고려한 스위칭 저항-셉트 감쇠기가 더 좋은 진동 절연 특성을 갖고 있는 것을 볼 수 있다. 그림 5는 스위칭 저항-셉트감쇠기의 효과를 시간영역에서 나타내고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 진동감쇠 효과가 매우 뛰어난 것을 알 수 있다. 스위칭 저항-셉트감쇠기의 주파수응답특성을 그림 6에서와 같이 살펴 보았다. 스위칭 저항-셉트감쇠기가 상당히 좋은 감쇠 특성을 보였으며 약 30dB 정도의 진동이 절연 되었음을 확인하였다.

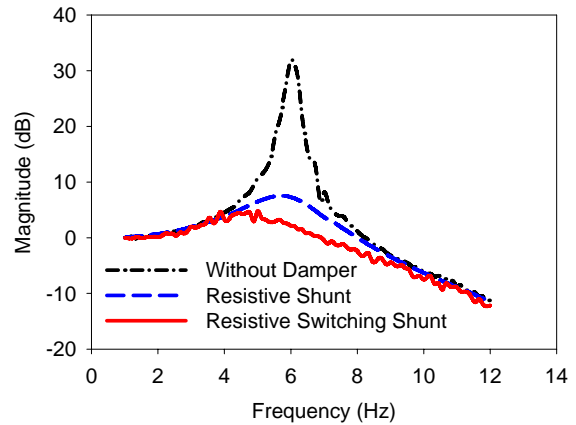


Fig. 6 Frequency response functions of the cantilever with and without dampers

3. 결론

본 논문에서는 스위칭 셉트 감쇠기를 이용하여 빔의 진동감쇠 특성에 미치는 영향에 대하여 고찰하였고 이를 기존 전자기 저항-셉트감쇠기와 비교를 하였다. 스위칭 저항-셉트감쇠기가 시간 및 주파수 영역에서 뛰어난 진동 감쇠특성을 보였으며 특히 주파수 영역에서는 30dB 정도의 큰 감쇠를 나타내었다. 향후 연구로는 RLC 스위칭 셉트 감쇠기나 Adaptive 스위칭 셉트 감쇠기에 대하여 연구를 수행할 계획이다.

후 기

이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 국가지정연구실사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. R0A-2008-000-20012-0)