

자기감쇄를 이용한 외팔보의 진동제어 Vibration Control of Cantilever Beams using Magnetic Damping

이 종 세*
Lee, Jong-Seh

김 영 곁**
Kim, Young-Gurl

ABSTRACT

The magnetoelastic interaction between electrically conducting structures and magnetic fields is suggested to be used as a possible means for vibration suppression mechanism in structural control. Effectiveness of the active control mechanism is demonstrated by an experiment which is performed to examine the basic tenets of magnetically induced vibration and magnetoelastic damping of a cantilevered beam vibrating in the presence of magnetic fields. Experimental results show that the feedback control scheme works effectively. Several strategies are suggested to improve the controllability using the magnetic damping.

1. 서 론

우주구조물은 크고 가벼워야 하는 조건을 만족시키기 위해 유연해지는 경향이 있다. 이러한 구조물들은 일반적으로 재료자체의 구조적 감쇄가 작고 또한 공기저항등 환경적 감쇄가 없으므로 해서 열악한 감쇄특성을 보이고 있다. 따라서 이러한 구조물들이 일단 진동을 시작하면 진동수가 작고 오랜 감쇄 지속기간을 갖는 경향이 있으며 이는 또한 구조물의 피로나 불안정을 유발할 수 있다. 이러한 연유로 우주구조물의 진동을 제어하기 위해 여러가지 감지기(sensors)와 구동기(actuators)를 이용한 제어기술에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 제어력 또는 제어 모멘트를 발생시키는 구동기는 두종류로 나눌수 있는데 하나는 추진기(thruster)와 같이 관성력을 발생시키는 전통적 구동기이고 다른 하나는 압전재료(piezoelectrical) 구동기와 같이 관성력을 발생시키지 않는 종류로서 근자에 많은 연구의 대상이 되고 있다. 다른 종류의 제어메카니즘으로서 형상 기억합금(shape memory alloys), 전기유성학적(electrorheological)유체, 자기긴축(magnetostrictive) 장치등이 제안되고 있다(Rao & Sunar, 1994). 또한 반도체 열전기장치를 통한 열 휨모멘트를 이용한 제어메카니즘도 제안되고 있다(Murozono & Sumi, 1994). 한편 핵융합기술과 연계된 자기장내에서의 전도체 구조물의 진동문제를 다루는 연구결과에 의거하여 전도체 구조물과 자기장과의 상호 작용에 의한 자기감쇄를 구조물의 진동제어메카니즘으로 이용할 수 있는 가능성을 제시한바 있다(Lee et al., 1990; Lee, 1992, 1996). 본 논문은 이러한 가능성을 실험을 통해 증명해 보이는데 목적이 있다.

* 한양대학교 건설교통공학부 교수

** 미 John Brown대학교 공업과학부 교수

2. 실험

전도체 구조물과 자기장 사이의 동적상호작용에 의해 발생하는 자기감쇄를 이용하여 구조물의 진동을 감소시킬수 있는 능동제어메카니즘으로 활용할 수 있음을 보이기 위해 실험을 수행하였다. 실험에서는 그림 1에서 보는 바와같이 플렉시글라스로 된 외팔보와 원뿔형 영구자석이 사용되었다. 진동제어에 필요한 자탄성 상호작용은 외팔보 표면에 부착된 동심원 형태의 코일(coil)과 영구자석에 의한 자기장에 의해 발생되도록 하였다.

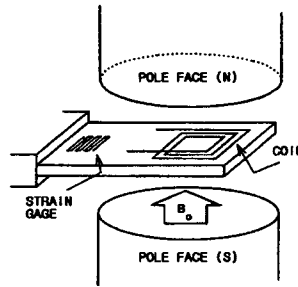


그림 1

2.1 시편

실험에 사용된 외팔보는 플렉시 글래스로 제작되었으며 폭, 길이와 두께는 각각 0.5cm, 15cm, 그리고 0.05cm 이다. 외팔보의 고유진동수와 감쇄율은 각각 15Hz와 0.016으로 계측되었다. 진동제어를 위해 외팔보 표면에 동심원 형태로 20바퀴의 전선을 부착하였다. 사용된 전선의 저항은 1.5 Ohm으로서 약 3암페어의 전류가 흐를 수 있다.

2.2 영구자석

실험에 사용된 영구자석의 크기는 1ft이며 무게는 50파운드이고, 양극사이 공간의 폭은 약 2 inch이며 지름은 1.5 inch이다. 양극사이 공간의 자기장은 Gaussmeter의 탐사침의 위치에 따라 2675~5375 Gauss이며 이 공간에 수직으로 삽입된 외팔보 시편에 작용하는 자기장은 상당히 균일하다고 판단된다.

2.3 Strain Gage

외팔보 시편의 고정단에서 1 inch 떨어진 곳에 금속막 Strain Gage를 부착하여 진동감지센서로 사용하였다. 이 센서가 감지하는 전기저항의 미세한 변화량은 Strain Bridge로 보내지게 되었으며, 본 실험에 사용된 Strain Bridge는 1/4 Bridge이다.

2.4 Power Supply

본 실험에 사용된 Power Supply는 2개의 Heath Zenith Tri-Power Supply Model SP-2718 이며 각각 0.5 Ampere에서 0~20 Volt의 전류를 공급할 수 있다. 이 두 개의 Power Supply를 병렬로 연결하여 1 Ampere에서 ± 12 Volt의 전류를 공급할 수 있게 하였다. 실험에서 진동을 기계적으로 발생시키는 경우에는 Topward Dual Tracking DC Power Supply를 사용하였다. 이 경우는 3 Ampere에서 5 Volt의 전류를 공급할 수 있다. 실험에 사용된 회로는 최대 3 Ampere의 전류를 감당할 수 있도록 하였다.

발된 외팔보의 진동시간이력을 나타내고 있다. 두 그림을 비교해 보면 제어장치가 작동한 경우 그렇지 않은 경우에 비해 외팔보의 진동이 상당히 감소된 것을 볼수 있다. 코일에 공급된 전류가 미미한 점을 고려할 때 진동제어 메카니즘이 효과적임을 알 수 있다. 이러한 실험결과는 해석적인 연구결과와 일치하고 있다. 전자기 탄성학적 상호작용을 고려한 해석모델은 추후에 보고하기로 한다.

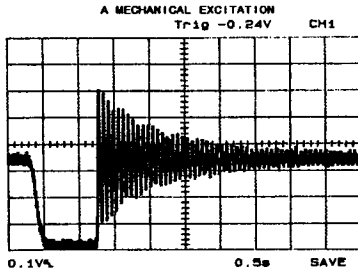


그림 4

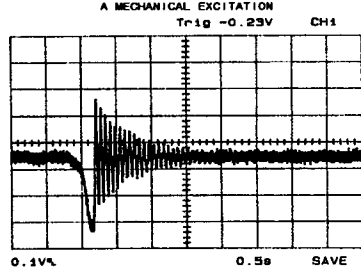


그림 5

5. 결론

전자기장-구조물의 동적상호작용에 의해 발생하는 자기감쇄현상을 이용하여 구조물의 진동제어에 효과적으로 이용할수 있는 방법을 제안하고 간단한 실험을 통해 제어성을 증명하였다. 실험결과에서 보는 바와 같이 제어에 사용된 소량의 전류에 비해 상당한 제어효과를 관찰 할 수 있었다. 제어력을 증강시키기 위해 다음 세가지 개선책을 제안할 수 있다.

- (1) 제어에 필요한 전류를 증가시키기 위해 보에 부착된 Coil의 loop수를 증가시키고 보다 강한 전류를 공급한다. 이때 발생하는 열로 인한 부작용을 해소하기 위해 Heat Sink가 필요할 수 있다.
- (2) 보다 강한 자기장을 제공하기 위해 보다 강한 영구자석을 사용한다.
- (3) 영구자석대신 전기자석을 사용함으로써 자기장의 크기를 조절 할 수 있고 따라서 Feedback 제어개념을 자석에도 적용하여 제어효과를 증대시킬 수 있다.

참고문헌

1. Lee, J. S., Prevost, J. H. and Lee, P. C. Y.(1990),"Finite Element Analysis of Magnetically Induced Vibrations Conductive Plates," Fusion Engineering and Design, Vol. 13, pp. 125-141.
2. Lee, J. S.(1992), "Destabilizing Effect of Magnetic Damping in Plate Strip," Journal of Engineering Mechanics, Vol. 118, No.1, pp. 161-173.
3. Lee, J. S.(1996), "Dynamic Stability of Conducting Beam-Plates in Transverse Magnetic Fields," Journal of Engineering Mechanics, Vol. 122, No. 2, PP. 89-94.
4. Rao, S. S. and Sunar, M.(1994), "Piezoelectricity and its use in disturbance sensing and control of flexible structures: A survey," Applied Mechanics Review, Vol. 47, No. 4.
5. Murozono, M. and Sumi, S.(1994), "Active Vibration Control of a Flexible Cantilever Beam by Applying Thermal Bending Moment," Journal of Intelligent Material Systems and Structures, Vol. 5, PP. 21-29.