

# MR유체를 이용한 스퀴즈모드 타입 마운트의 동특성

## Dynamic Properties of Squeeze Type Mount Using MR Fluid

안영공<sup>†</sup>(부경대)·양보석<sup>\*</sup>(부경대)·하종용<sup>\*\*</sup>(부경대원)·김동조<sup>\*</sup>(부경대)  
 Young Kong Ahn, Bo-Suk Yang, Jong-Yong Ha and Dong-Jo Kim

**Key Words:** Mount(마운트), Magneto-Rheological Fluid(자기점성유체), Variable Damping(가변 감쇠), Vibration Isolation(진동 절연)

### ABSTRACT

This paper presents investigation of damping characteristics of squeeze mode type MR (magneto-Rheological) mount experimentally. Since damping property of the MR fluid is changed by variation of the applied magnetic field strength, squeeze mode type MR mount proposed in the study has variable damping characteristics according to the applied magnetic field strength. Impact and excitation tests were performed to investigate the dynamic properties of squeeze mode type MR mount. Responses of the mount were compared in proportion to the applied magnetic field strength. The experimental results show that the mount can effectively reduce vibration amplitude in a wide frequency range by changing the applied magnetic field strength.

### 1. 서론

마운트는 차량 및 정밀기기 등의 진동을 최소화 하기 위한 용도로 널리 사용된다. 이와 같은 마운트 및 감쇠기의 성능을 향상 시키기 위하여 외부에서 부가하는 자장을 변화시킴으로써 감쇠력을 가변할 수 있는 MR(Magneto-Rheological) 유체를 이용한 응용연구가 국 내외에서 활발히 진행되고 있다.<sup>(1)(9)</sup>

본 연구에서는 MR 유체를 이용한 스퀴즈 모드 타입 마운트를 개발하여 그 동특성을 실험적으로 검토하였다. 두 종류의 마운트가 제작되었고, 하나는 하나의 질량을 지지하는 것이고, 다른 하나는 외팔보의 진동을 줄이기 위해 지지부에 설치된 마운트이다.

실험은 가진기를 이용한 가진 실험을 행하였고, 외팔보의 경우는 임팩트시험을 추가하였다. MR 마운트에 부가하는 전류의 세기에 따라서 질량부와 외팔보의 진동진폭이 크게 변화함을 알 수 있었고, 따라서 주파수에 대해서 전류의 세기를 조절함으로써 보다 효과적으로 진동을 줄일 수 있음을 확인하였다.

### 2. MR 유체

MR 유체는 실리콘유, 광유 등과 같은 용매에 높은 투자율(permeability)을 가진 직경 1~수십  $\mu\text{m}$ 의 철 분말을 분산시킨 용액이다. 외부에서 자장을

· 부경대학교 기계공학부

E-mail : ahn@mail1.pknu.ac.kr

Tel : (051) 620-1618, Fax : (051) 620-1405

\*\* 부경대학교 기계공학부 대학원

부가하면 MR 유체 내부의 철 분말입자가 자계방향으로 사슬모양의 클러스터(cluster)가 형성되어 유체의 유동저항이 증가하여 회전식 점도계로써 그 특성을 측정하면 유체의 항복응력이 증가하는 것으로 나타난다.

그러나 MR 유체를 적용하기 위한 유체의 특성에 관한 연구는 아직 미흡한 실정이다. MR 유체가 사용되는 작동모드는 스퀴즈모드, 유체 유동모드, 그리고 전단모드로 나눌 수 있다.

### 3. 실험장치

Fig. 1 은 스퀴즈모드 타입의 MR 마운트가 하나의 질량(2 kg)을 지지하는 실험장치를 나타낸다. 전자식 코어는 자기 투자율이 높은 순철이 사용되었고, seal 에 의한 감쇠 및 강성의 효과를 줄이기 위해서, 팽창이나 수축이 용이한 두께 0.5 mm 의 생고무가 seal 의 재료로 사용되었다. 또한 질량부의 수직방향

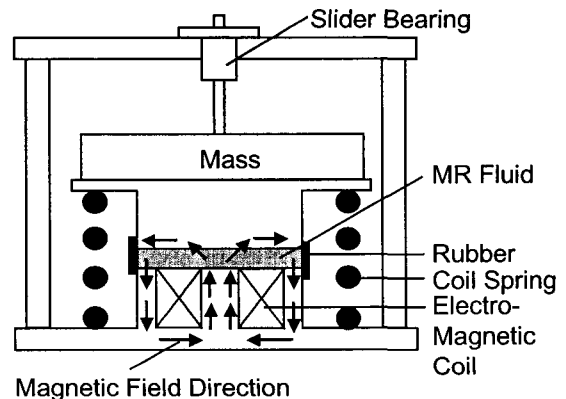


Fig. 1. Experimental apparatus of the MR mount

이외의 진동을 구속하기 위하여 sliding 베어링 및 sliding 붐을 설치 하였다. MR 마운트의 주요 치수제원은 Table 1 에 나타내었다.

MR 유체에 부가하는 자기장의 세기에 따른 감쇠 특성을 검토하기 위하여, Fig. 1 의 MR 마운트 시스템을 가진기 위에 설치하고, 전자석 코일에 부가하는 전류의 세기의 변화에 대한 가진실험을 행하였다.

#### 4. 실험 결과 및 고찰

##### 4.1 MR 마운트

마운트 시스템의 공진주파수는 가진 실험을 통하여 20Hz로 확인 되었다. 따라서 20 Hz 의 가진주파수로 마운트를 가진하고 전류의 세기에 따른 질량부의 절대 변위를 레이저 센서로 측정하였다. 또한 자장이 증가함에 따라서 마운트의 공진주파수가 상승하므로 30 Hz 의 가진주파수로 가진하여 그 시간응답특성을 측정하여 측정결과를 Fig. 2(b)에 나타내었다.

20Hz로 가진한 경우, 2.0 A 의 전류를 부가했을 때 질량의 변위는 자장을 부가하지 않았을 때에 비해 약 70% 정도 감소함을 보였다. 한편, 30Hz 의 경우에는 부가하는 전류가 증가할수록 진폭이 오히려 증가함을 알 수 있다. 그 이유는 자기장의 세기가 증가함에 따라서 MR 유체의 걸보기 점도가 증가하고 이에 따라서 마운트의 등가 강성이 상승하여 마운트의 공진주파수가 증가 하였기 때문이다. 이와 같은 주파수 영역에서 진동진폭을 줄이기 위해서는 자장을 부가 하지 않는 것이 요구되어 진다.

##### 4.2 외팔보의 MR 마운트

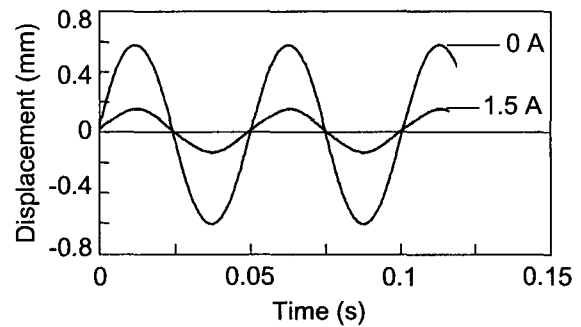
외팔보에 스퀴즈모드 타입 MR 마운트가 장착된 실험장치를 Fig3 에 나타내었고, 주요 치수제원은 Table 2 에 나타내었다.

Fig.3 의 실험장치를 MR 마운트에 부가하는 전류의 세기를 변화시키면서 임팩트시험을 행하여 얻은 컴플라이언스 선도를 Fig. 4 에 나타내었다. 전류의 세기를 증가시킬수록 컴플라이언스는 감소하는 경향을 보였고, 공진주파수는 전류를 0 A로부터 2.0 A로 증가시킬 때 21.5 Hz에서 24 Hz로 증가했다.

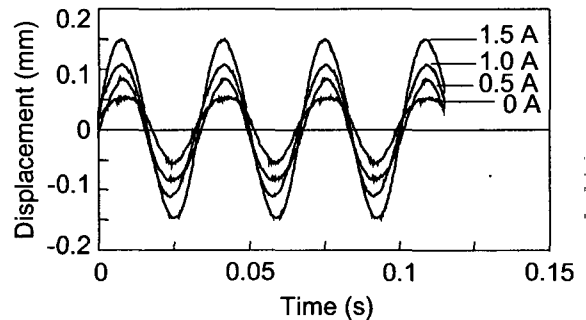
다음으로 Fig. 3 의 실험장치를 가진기에 장착한 후 주파수와 부가하는 전류의 세기를 변화시키면서 가진하여 외팔보 끝부분의 변위를 가속도계로 측정하여 얻은 응답을 Fig. 5 에 나타내었다. 20 Hz로 가진할 때, 무부하 상태의 자기장에 비하여 1.5 A 의 전류를 가하면 진폭이 약 85 % 감소함을 보였다. 임팩트시험의 응답인 Fig. 4 에서는 전류의 변화에

Table 1. Principal dimensions of squeeze mode type mount

Outer damper diameter	70 mm
Electric coil turns	650
Electric coil resistance	9.2
Electric coil diameter	0.35 mm
Gap between upper and lower cores	2.0 mm



(a) 20 Hz excitation



(b) 30 Hz excitation

Fig. 2. Time Responses of mass under various magnetic fields

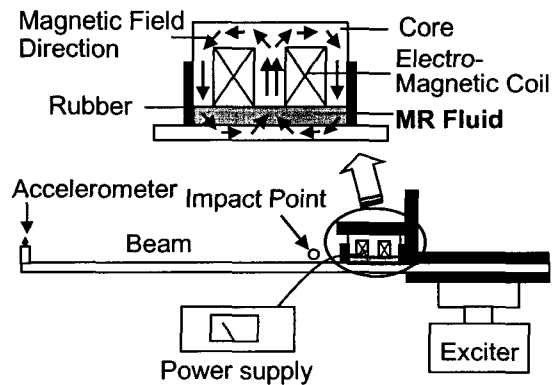


Fig. 3. Experimental apparatus of the MR mount for cantilever beam

따른 진폭의 변화는 크지 않으나 가진실험에서 MR 효과가 크게 나타난 이유는 임팩트시험에 비해서 가진실험의 경우가 마운트 내부의 상대 변위가 크기 때문으로 간주된다. 즉 MR 유체의 효과는 상대변위에 의존한다는 사실을 확인할 수 있다.

22Hz 의 경우는 부가하는 전류가 증가함에 따라서 진폭이 증가하는 경향을 보인다. 이 현상은 Fig. 2 (b)의 경우와 동일하다. 이와 같은 현상이 부가하는 자장이 증가 함에 따라서 MR 유체의 항복응력이 증가하여 생긴 결과인지 아니면, MR 유체를 봉하고 있는 고무 부분의 체적강성의 변화에 의한 것인지 실험적인 검토가 필요하다.

### 7. 결론

스퀴즈모드 타입의 MR 마운트를 하나의 질량을 지지하는 경우와 외팔보에 적용된 경우에 대한 마운트의 성능을 실험적으로 평가 하였다. 이에 대한 결론은 주파수에 따라서 부가하는 전류의 세기를 조절함으로써 보다 폭 넓은 주파수에서 진동진폭을 효과적으로 감소시킬 수 있음을 실험적으로 검증하였다.

향후계획으로는 주파수에 대한 전달률을 구하고, 속도에 대한 힘과 변위에 대한 힘의 선도를 이용하여 MR 마운트의 응답특성에 대해서 보다 상세하게 검토할 예정이다.

### 참고문헌

- (1) 안영공, 양보석, S. Morishita, 2001, "자기점성유체를 이용한 가변감쇠 마운트의 모델화," 한국소음진동공학회지, 제 11 권, 제 1 호, pp. 141~146.
- (2) Mark R. Jolly, Jonathan W. Bender, and J. David Carlson, 1998, "Properties and Applications of Commercial Magnetorheological Fluids," SPIE 5th Annual Int. Symposium on Smart Structures and Materials, San Diego, CA.
- (3) Carlson, J. D. et al., 1994, "Magnetorheological Fluid Devices", U.S. Patent 5,284,330.
- (4) W. J. Lou Y. Q. Ni and J. M. Ko, "Dynamic Properties of a Stay Cable Incorporated with Magneto-rheological Fluid Dampers," Proc. of International Conference on Advances in Structural Dynamics, Hong Kong, 2000.
- (5) J. D. Carlson, 1999, "Magnetorheological Fluid Actuators," chapter in Adaptronics and Smart Materials, H. Janocha, ed., Springer Verlag, Berlin, pp.180~195.
- (6) J. David Carlson, 1998, "New Cost Effective Braking, Damping, and Vibration Control Devices Made with Magnetorheological Fluid," Materials Technology, 13/3, pp. 96-99.

Table 2. Principal dimensions of squeeze mode type mount for cantilever beam

Beam length	280 mm
Beam width	70 mm
Beam thickness	2 mm
Electric coil diameter	0.35 mm
Electric coil turns	350
Damper outer diameter	52 mm
Damper height	22 mm
Gap between core and beam	1.5 mm

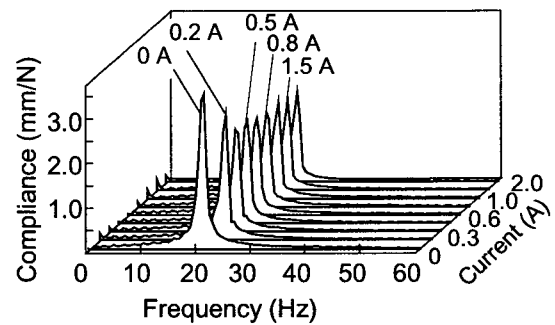
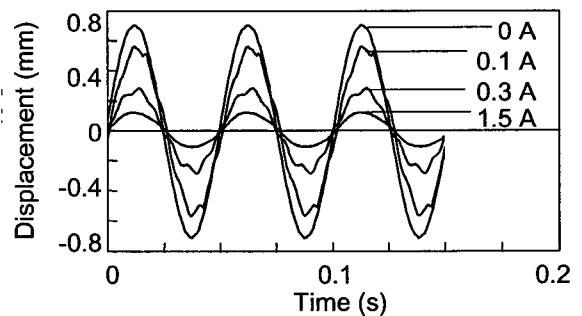
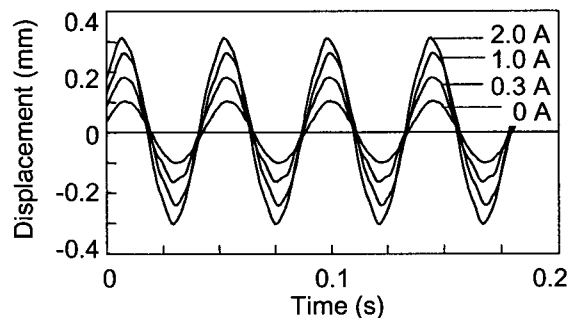


Fig. 4. Spectrum of impact response under various magnetic fields for cantilever beam



(a) 20 Hz excitation



(b) 22 Hz excitation

Fig. 5. Time Responses of cantilever beam under various magnetic fields for cantilever beam

(7) Pang, L., GM. Kamath and N.M. Wereley, 1998, "Analysis and Testing of a Linear Stroke Magnetorheological Damper," AIAA/ASME Adaptive Structures Forum, Paper No. AIAA 98-2040.

(8) X, Wang and F. Gordaninejad, 2000, "Study of Field-controllable, Electro- and Magneto-rheological Fluid Dampers in Flow Mode Using Herschel-Bulkley Theory," Smart Structures and Materials 2000: Damping and Isolation, Proceedings of SPIE Vol. 3989, pp. 232~243.

(9) Kim, J. H., Lee, C. W., and Lee, S. K., 1996, "Modeling of Magneto-Rheological fluid Based Semi-Active Mount." 3<sup>rd</sup> International Conf. On Motion and Vibration Control, Japan, pp. 164~169.