

# MR엔진마운트의 전극 길이가 감쇠력에 미치는 영향에 대한 실험적 연구

강용석\*, 이현창\*\*, 이형식\*\*\*, 박우철\*\*

\* 강원대학교 산업대학원 자동차공학과

\*\* 강원대학교 기계자동차공학부

\*\*\* 한국폴리텍4 홍성캠퍼스 자동화시스템과

wchpark@kangwon.ac.kr

## The effect of a pole length on damping force of MR engine mount

Yung-Suk kang\*, Hyun-Chang Lee\*\*, Hyung-Sik Lee\*\*\*, Woo-Cheul Park\*\*

\* Graduate School of Engineering Kangwon National University

\*\* Faculty of Mech. & Vehicle Eng., Kangwon National University

\*\*\* Dept. of Automation System, Korea Polytechnic College4

### 요 약

본 연구에서는 MR유체를 적용한 엔진마운트 시스템을 제안하고, 자기장이 형성되는 전극의 길이변화가 엔진마운트의 감쇠력 변화에 미치는 영향에 대하여 실험적으로 고찰하였다. 가진주파수가 증가할수록 마운트로부터 전달되는 힘은 감소하지만, 공급하는 전류의 세기가 증가할수록 전달되는 힘은 증가하였다. 그러나 전극부의 길이변화는 전달되는 힘의 변화에 영향을 거의 미치지 않음을 확인하였다.

### 1. 서론

자동차 기술의 발달로 차량의 경량화, 엔진의 고출력화 추세는 종전보다 현저히 높은 소음과 진동 문제를 야기 시키며, 이 소음과 진동은 승차감에 큰 영향을 미치게 된다. 고무엔진 마운트는 고주파수 영역의 진동 절연에는 효과적이나 강성과 감쇠력이 거의 일정하기 때문에 저주파수 영역에서의 성능요구조건을 만족하지 못하기 때문에 유체봉입 엔진 마운트가 제안되었으며, 이것은 자동차뿐만 아니라 각종 기계구조물에도 적용되고 있다.

공급하는 에너지에 따라 물질의 특성이 변하는 제어성 유체에는 ER유체와 MR유체가 있으며, 이러한 제어성 유체의 특성을 적용하여 구성된 응용 장치는 단지 제어성 유체에 가해지는 에너지에 의하여 제어가 가능하므로, 제어에 필요한 서보 밸브나 모터 등과 같은 부가적인 복잡하고, 고가의 구동장치가 필요 없다. 이러한 장점들 때문에 자동차 산업, 항공기산업, 대형 건축물 등 여러 분야에서 연구가 수행되고 있으며, 특히, 반응속도가 빠르고, 연속적인 제어가 가능한 장점 때문에 댐퍼, 엔진마운트, 제진대

등의 반능동 제어 적용에 대한 많은 연구가 수행되고 있다[1,2]. 그러나 현재 MR엔진마운트에 대한 연구는 제어기 설계 및 성능에 대한 연구가 주류를 이루고 있으며, MR유체의 특성과 연계된 MR엔진마운트의 설계 변수들에 대한 연구는 미흡한 실정이다 [3, 4, 5, 6, 7].

본 연구에서는 MR유체가 적용된 엔진마운트를 제안하고, MR 엔진마운트의 자기장이 형성되는 전극 길이를 달리 제작하여 MR 엔진마운트의 자기장 변화에 따른 마운트의 감쇠력의 변화를 관찰하였다.

### 2. MR엔진마운트의 구조와 제작

MR유체를 이용한 반능동 엔진마운트의 대략적인 구조는 Fig. 1과 같다. 엔진마운트 상부는 기본 강성과 댐핑력을 유지하기 위해서 주고무부분(main rubber)로 구성되어 있으며, 수직방향의 정적하중을 지지하는 스프링 역할을 한다. 또한 상부에 유실을 구성하여 팽창 강성을 형성해 동하중을 받게 된다. 하부는 부하질량을 지지할 수 있는 강재로 제작된 하우징과 엔진마운트 내부의 체적변화를 보정할 수

있는 다이어프램(diaphragm)으로 구성되어 있다. 다이어프램에 의하여 형성된 하부유실은 주로 상부에서 간극을 통해 유체를 저장하는 기능을 한다. 엔진마운트의 상·하부 유실에는 MR 유체가 봉입되어 있으며, 실린더 모양의 자극(Magnetic pole)은 유실의 중간에 있다. MR 유체에 자기장을 가하는 간극은 원통 모양의 평판으로 일정한 간격을 가지며, 솔레노이드에 의해 상부와 하부에 원통의 원주를 따라 일정한 자기장을 발생한다. 체적변화로 MR 유체의 간극을 통하여 상·하부 챔버로 유동하게 되는데, 이때 유체의 댐핑력이 발생한다. 자극사이에서 자기장이 부하되면 MR 유체의 항복응력이 증가하여 엔진마운트의 강성과 댐핑을 증가시킬 수 있다. 상부 챔버는 일반 유체 봉입형 엔진마운트의 고무를 사용하였다. 정적하중을 주 고무부분에서 담당하도록 하였으며, 하우징 내부에는 자극(Magnetic pole)이 존재한다. 주 고무는 제작의 편의를 위하여 기존 승용차용 엔진 마운트로 사용되는 유체 봉입형 엔진마운트(평화산업주식회사)의 고무를 사용하였으며, 주고무의 형상을 기준으로 하여 등가 피스톤 단면적을 계산하였다.

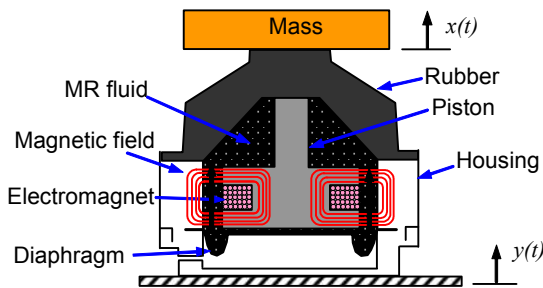


Fig. 1 Schematic diagram of MR mount

사용된 MR유체의 자기장에 대한 물성치를 기준으로 저탄소강으로 만들어진 자극 부위에서 생성할 수 있는 자기장을 계산하였다. 전극을 만드는데 사용된 자극의 재질과 형상, 사용된 MR 유체의 특성을 고려하고, 최대 부하할 수 있는 전류를 1.5A로 가정하였을 때, 요구되는 감쇠력을 발생하는데 필요한 자기장을 형성하는데 필요한 적정한 솔레노이드의 최소 권수 96회로 계산되었다. 본 연구에서는 솔레노이드의 권수를 100회로 동일하게 하였다.

자극(Magnetic pole)의 재질은 솔레노이드에 의한 자기장 생성이 용이하게 저탄소강(SM15C)으로 하였다. 유체가 통과하는 유로의 전체 길이는 22mm로 일정하게 유지하면서, 자기장이 형성되는 유효 길이를 10mm, 12mm, 14mm의 3가지로 달리 하여 제작

하였다.

### 3. MR 엔진마운트의 성능 실험

제안된 MR 엔진마운트의 자기장 부하에 따른 감쇠력을 관찰하기 위하여 상부가 고정된 MR 엔진마운트에 가진 주파수의 변화에 따른 변위를 측정함으로써 감쇠력을 측정하였다.

Fig. 2는 MR엔진마운트 감쇠력을 측정하기 위한 실험장치의 사진이다. 유압가진 장치 상부에 제작된 MR 엔진마운트를 지그(jig)을 이용하여 고정하였다. MR 엔진마운트를 통하여 MR 엔진마운트 상부에 고정된 벽면에 전달되는 힘을 측정하기 위하여 로드셀을 장착하였다. MR 엔진마운트의 솔레노이드에 자기장을 인가하기 위한 전류 증폭기를 사용하였다. 또한 전달되는 힘을 측정하기 로드 셀에서 발생된 신호를 동적신호분석기를 통하여 신호변환을 거쳐 컴퓨터 기억장치에 저장하였다. 가진 변위는 1.0mm, 2.0mm로 하였고, 가진 주파수는 2Hz, 4Hz, 6Hz, 8Hz, 10Hz로 하였다. MR 유체에 부하하는 자기장 변화에 따른 감쇠력 변화를 관찰하기 위하여 자기장이 없는 무부하시와 0.7A, 1.5A의 전류를 부하한 경우를 측정함으로써 MR 엔진마운트로부터 고정벽으로 전달되는 힘의 변화를 관찰하였다.

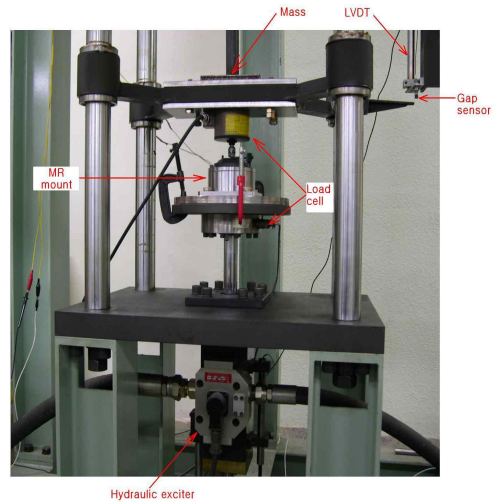
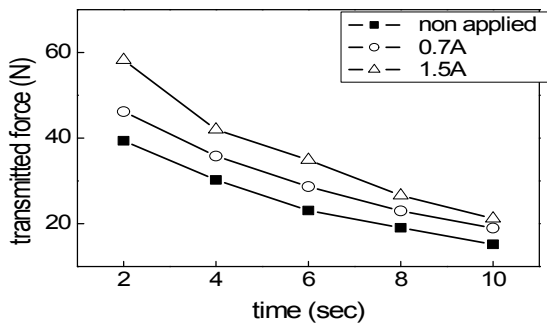


Fig. 2 Photo of the MR mount test apparatus

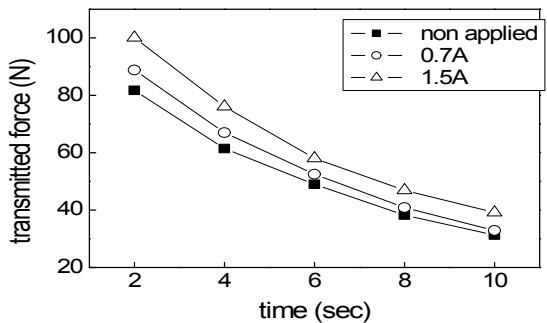
### 4. MR 엔진마운트의 성능 고찰

Fig.3은 자기장이 형성되는 전극부의 유효 길이가 12mm인 경우에 대한 전달되는 힘을 주파수 영역에서 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 엔진마운트에 가해지는 가진 주파수가 증가할수록 마운트로부터 벽면에 전달되는 힘이 점점 작아지는 것을 확인할 수 있다. 이는 유체 유동의 관성과 마운

트에 사용된 고무부의 강성 및 감쇠계수의 영향인 것으로 생각된다. 마운트에 전류를 공급하여 자기장을 형성한 경우에는 MR효과에 의해 전달력이 증가하여 나타나지만, 이 역시 가진 주파수의 증가에 따라 감소하는 경향을 나타내고 있다. 그림에 나타난 바와 같이 가진 주파수가 증가할수록 인가하는 전류의 세기 변화에 따른 전달력의 변화폭은 점차 감소하는 경향을 나타내고 있다. 높은 가진 주파수일수록 전류 세기의 변화에 따른 영향이 점차 감소하고, 마운트 고무의 영향이 지배적으로 나타남을 알 수 있다.



(a) ±1mm



(b) ±2mm

Fig. 3 Transmitted force vs. frequency with different exciting displacements

### 5. 결론

본 연구에서는 MR엔진마운트의 전극길이 변화가 감쇠력에 미치는 영향에 대하여 고찰하였다. MR마운트로부터 전달되는 힘은 가진 주파수가 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타냈으며, 인가하는 전류의 세기가 증가함에 따라 전달되는 힘은 증가하여 나타났다. 자기장이 형성되는 MR마운트에 유효 길이 변화에 대해서는 거의 전달력의 변화가 나타나지 않았다. 향후, 마운트의 고무부의 특성과 MR효과와의

상관관계를 고려한 최적화 설계인자에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

### 참고문헌

- [1]. Austin, S.A., "The Vibration Effect of an Electrorheological Fluid", *J. of Vibration and Acoustics*, Vol. 115, 136~140, 1993
- [2]. Carlson, J.D., Catanzarite, D.M. and St. Clair, K.A., "Commercial Magneto-rheological Fluid Devices", *Proceedings of 5th International Conference on ER Fluids, MR suspension and Associated Technology*, 20~28, 1996
- [3]. Phillips, R.W., "Engineering Application of fluids with Variable Yield Stress", *Ph. D. Dissertation, Department of Mechanical Engineering, University of California, Berkeley, USA*, 1969
- [4]. Stanway, R., Sproton, J.L., and EI-Wahed, A.K., "Applications of Electro-Rheological Fluids in Vibration Control: a survey", *Smart Materials and Structures*, Vol. 5, 464~482, 1996
- [5]. Wereley, N.M. and Pang, L., "Nondimensional Analysis of Semi-Active Electrorheological and Magnetorheological Damper Using Approximate Parallel Plate Models", *Smart Materials and Structures*, 7, 732~743, 1998
- [6]. Morishita, S. and Mitsui, J., "An Electronically Controlled Engine Mount Using Electro-Rheological Fluid", *SAE Technical Paper Series 922290*, 1992
- [7]. Park, W.C., Choi, S.B., Suh, M.S., "Material characteristics of an ER fluid and its influence on damping forces of an ER damper Part I: material characteristics," *Materials & Design*, Vol. 20, pp.317~323, 1999