

전단모드 MR 댐퍼의 설계 및 해석에 관한 연구

Design and Analysis of Shear-mode MR Damper

*김성근¹, 조정목¹, 허남², #조종선¹

*S.G. Kim¹, J.M. Cho¹, N. Hur², #J.S. Joh(jsjoh@sarim.changwon.ac.kr)¹

¹ 창원대학교 제어계측공학과, ²주위아

Key words : controllable fluid, magnetorheological fluid, shear-mode MR damper

1. 서론

가제어성 유체(controllable fluid)란 인가되는 전기장 또는 자기장에 따라 유동역학 특성이 변하는 유체로써 가변 전성 유체(electrorheological fluid, ER 유체)와 자기 유변 유체(magnetorheological fluid, MR 유체) 등이 있다.

ER 유체는 1949년 WINSLOW[1]가 발견함으로써 그 중요성이 인식되기 시작했고 이후 현재까지의 많은 연구가 이루어지고 있다. MR 유체 또한 ER 유체와 거의 동일한 시기에 RABINOW[2]에 의해 최초로 발견되어 연구되었다. 초기에는 ER 유체에 대한 조성과 응용장치에 대한 연구가 활발히 진행되었으나 ER 유체가 지니는 한계성이 부각되면서 그 대안으로 1990년대부터 MR 유체에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[3-6].

MR 유체의 작동 모드는 밸브모드(valve-mode), 전단모드(shear-mode), 그리고 스킴 필름 모드(squeeze film mode)의 세가지가 있다. 밸브모드의 경우 MR 유체 응용장치 중 대부분을 차지하고, 많은 특허와 연구가 되어온 모드로써 소형으로 큰 힘을 낼 수 있고 큰 운동 변위를 갖기 때문에 적용 범위가 상당히 넓다는 장점을 가지고 있다. 이러한 밸브모드를 이용한 장치들의 일반적인 작동 원리를 살펴보면 피스톤과 같은 메커니즘을 이용하여 압력차를 발생하여 오리피스를 통해 유체의 유동장응 형성시키고 오리피스 주위에 코일을 감아 전류를 공급하여 자기장을 형성, 유체의 자기 유변 특성을 이용하여 전단력을 변화시키는 모드이다. 전단모드는 자기장이 형성되는 양 극판이 서로 다른 상대운동을 하는 경우로써 자기장 유도가 어렵고 발생하는 힘이 밸브 모드에 비해 적으므로, 주로 브레이크나 클러치 등에 적용되고 있다. 현재 미국의 LORD사에서 판매중인 회전 댐퍼는 최대 1A의 전류입력에 대해 6.6Nm 정도의 토크를 낼 수 있는 수준이다.

본 연구에서는 주행로봇의 무한회전 액츄에이터용 현가 시스템에 적용하기 위한 전단모드 MR 댐퍼의 개발하기 위해 최대 3A의 전류입력이 가능한 전단모드 MR 댐퍼를 설계 및 제작하였으며, 제작한 MR 댐퍼에 대한 자기장 해석을 수행하였다.

2. MR Damper의 설계 및 제작

본 연구에서 설계 및 제작하고자 하는 전단모드 MR 댐퍼는 힘지 주행을 목적으로 하는 주행로봇의 무한회전 액츄에이터의 현가장치에 적용하고자 한다. 주행로봇의 무한회전 액츄에이터에 적용하기 위해 필요한 전단모드 MR 댐퍼의 사양은 표 1과 같다. 전단모드 MR 댐퍼의 경우 양극판의 상대운동을 이용하는 동작모드로, 발생하는 전단력은 양극판의 단면적에 비례하므로 요구되는 사양을 만족하는 동시에 전단력을 최대화하기 위해 3개의 회전자판과 2개의 고정자판으로 구성된 다판 형태의 구조로 설계하였다.

그림 1은 설계한 전단모드 MR 댐퍼의 구조를 보여주고 있으며 다음과 같이 구성되어 있다: ①-회전자, ②-자속 절연체, ③-자성체, ④-MR 유체, ⑤-코일, ⑥-회전자판, ⑦-고정자판. 그림 2는 전단모드 MR 댐퍼의 단면형상을 보여주고 있으며, 그림 3은 제작된 시제 전단모드 MR 댐퍼를

보여주고 있다.

Table 1 Specifications of shear-mod MR damper

크기	D300 x L100
전기적 특성	DC 24V, 최대입력전류 3A
무게	20 kg 내외
코일사양	D0.7, 턴수 210 회, 저항 8Ω

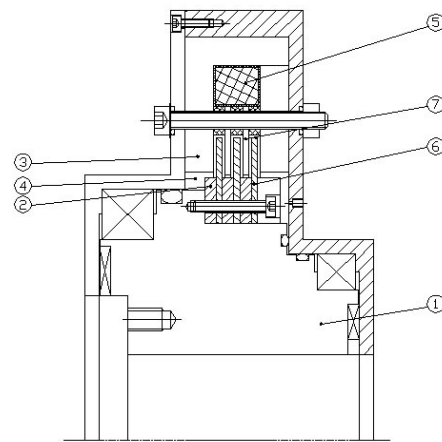


Fig. 1 Structure of shear-mode MR damper

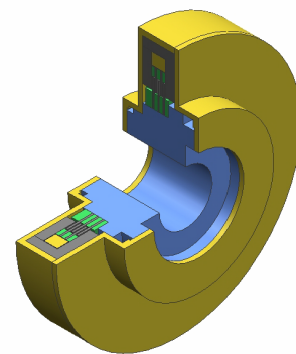


Fig. 2 Cross-section view of shear-mode MR damper

3. 자기장 해석

MR 유체를 이용한 MR 장치의 개발은 높은 공간 효율과 단순성, 높은 출력 성능 등을 목적으로 한다. 이러한 MR 장치는 자기장에 의해 MR 유체 특성이 변하므로 MR 유체에 높은 자기장을 생성할 수 있는 자기 경로의 기하학적인 형태가 매우 중요하다. 일반적으로 MR 장치의 해석을 위해 자기장 FEM 해석 툴이 널리 사용된다.

본 연구에서는 2차원 자기장 해석 소프트웨어를 이용하여 개발한 전단모드 MR 댐퍼에 대한 자기장 해석을 수행하였다. 그림 4는 전단모드 MR 댐퍼의 유한요소 모델

(finite element model)을 보여준다.

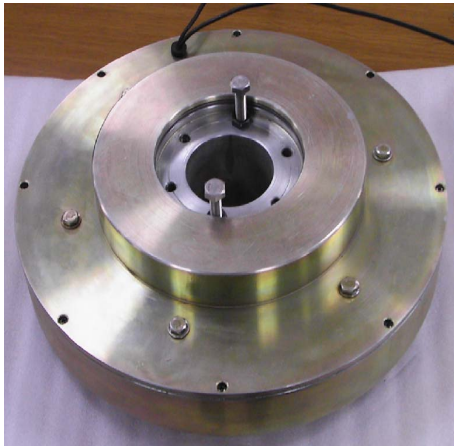


Fig. 3 Prototype of shear-mode MR damper

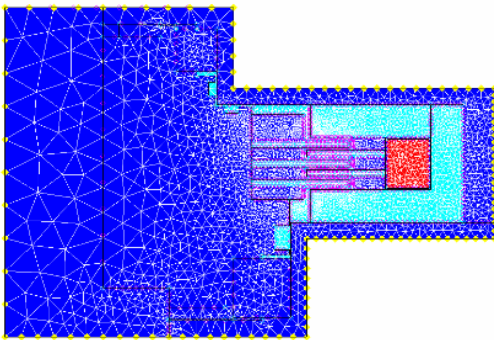


Fig. 4 Finite element model of shear-mode MR damper

본 연구에서는 전단모드 MR 댐퍼에 1A, 2A, 그리고 3A의 전류가 인가될 때에 대해 자기장 해석을 수행하였다. 그림 5는 1A의 전류가 인가될 때에 대한 자속밀도를 보여주며, 그림 6은 1A, 2A, 그리고 3A의 전류가 인가되었을 때 MR 유체에서의 자속밀도를 보여준다.

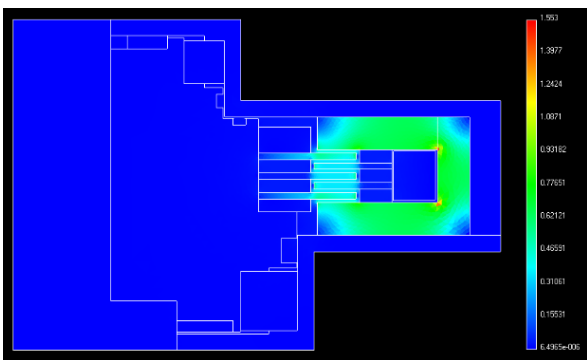


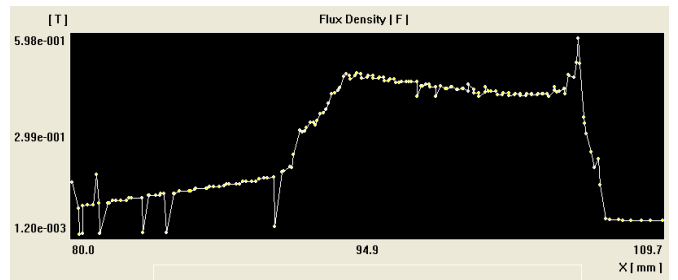
Fig. 5 Flux density of shear-mode MR damper

4. 결론

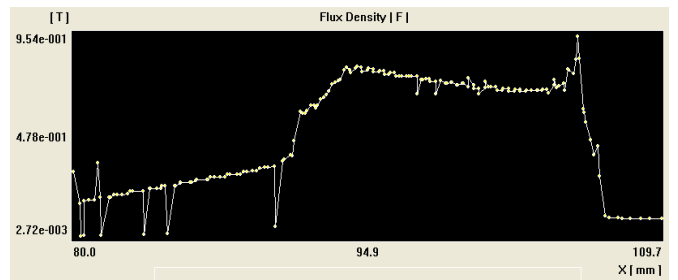
본 연구에서는 주행로봇의 무한 액츄에이터용 전단모드 MR 댐퍼를 요구사항에 맞게 설계 및 제작하였으며, 제작한 MR 댐퍼에 대한 자기장 해석을 수행하였다.

제작한 전단모드 MR 댐퍼에 대한 자기장 해석을 통해 MR 댐퍼의 전단력을 결정하는 MR 유체에서의 자속밀도가 입력되는 전류의 값에 비례하는 특성을 확인하였으며, 향

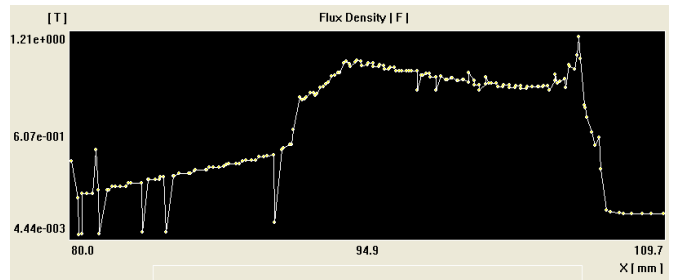
후 전단모드 MR 댐퍼의 유동해석을 통해 계산된 전단력과 MR 댐퍼 시험기를 통해 측정된 전단력을 비교함으로써 제작된 MR 댐퍼의 성능을 평가할 예정이다.



(a) 1A



(b) 2A



(c) 3A

Fig. 6 Flux density of MR fluid

후기

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

참고문헌

1. Willis M. Winslow, "Induced fibrillation of suspension", Journal of Applied Physics 20, pp. 1137-1140, 1949.
2. J. Rabinow, "Magnetic Fluid Torque and Force Transmitting Device", US Patent No. 2,575,360, 1951.
3. B. F. Spencer, S. J. Dyke, M. K. Sain, and J. D. Carlson, "Phenomenological Model of a Magnetorheological damper", Journal of Eng. Mech., Vol. 123, No. 3, pp. 230-238, 1997.
4. P. Q. Xia, "An inverse model of MR damper using optimal neural network and system identification", Journal of Sound and Vibration, Vol. 266, pp. 1009-1023, 2003.
5. T. Tse and C. C. Chang, "Shear-mode Rotary Magnetorheological Damper for Small-scale Structural Control Experiments", Journal of Structural Engineering, pp. 904-911, 2004.
6. L. M. Jansen and S. J. Dyke, "Semiactive control strategies for MR dampers: Comparative study", Journal of Eng. Mech., Vol. 126, No. 8, pp. 795-803, 2000.