

자기장 해석을 통한 로터리 MR댐퍼 설계 Design of a Rotary MR Damper by Magneto-Static Finite Element Analysis

*한광원¹, 이재훈¹, 안동수², 이진규², #박성훈¹

*C. W. Han¹, J. Lee¹, D. S. An², J. K. Lee², #S. Pak(paks@pusan.ac.kr)¹

¹부산대학교 기계공학부, ²(주)두산 모트롤

Key words : MR Fluid, Rotary MR Damper, Magneto-Static Analysis, Finite Element Analysis

1. 서론

MR(Magneto-rheological)유체는 작용되는 자기장의 크기에 따라 항복 전단응력이 연속적으로 변화하는 특성을 가지는 지능형 유체이다. 이러한 MR유체의 특성을 이용한 응용장치의 설계와 제어에 관한 연구가 다양한 분야의 연구자들에 의해 이루어지고 있으며 기존 기계시스템을 경량화 하고 성능을 향상시키기 위해 사용되고 있다.¹

본 연구의 대상은 차량용 현수장치에 사용되는 MR댐퍼이며, 연구목적은 MR댐퍼의 형상설계에 따라 MR유체에 작용하는 자기장도 변화를 파악하고 MR댐퍼의 성능 향상을 위한 기초자료로 사용하는 것이다. 형상에 따른 MR댐퍼의 자기장도를 계산하기 위해 유한요소법을 이용한 자기장해석 기법을 도입하였다.²

2. 로터리 MR댐퍼 설계

로터리 MR댐퍼는 다층의 디스크와 내부의 MR 유체 간의 전단응력에 저항하는 댐핑토크에 의해 작동한다. 로터리 MR댐퍼의 전기적인 회로는 저항과 인덕터스로 구성되어 있고, 회로에 흐르는 전류를 조절하여 코일의 내부 자속을 제어함으로써 MR유체의 자화변화를 유도한다. MR유체의 자화변화에 의해 기계적인 마찰력을 변화시킬 수 있으며, 이러한 마찰력에 의한 감쇠효과로 댐핑특성을 부여할 수 있다. Fig 1은 전술한 로터리 MR댐퍼의 단면도와 부품의 명칭을 나타낸다.

본 연구대상은 차량용으로 사용되는 댐퍼로서 입력 전류 대비 높은 토크를 발생시킬 수 있어야 하며, 이에 따라 상용으로 구입 가능한 MR유체 중 상대적으로 높은 항복응력의 특성을 갖는 MRF-140CG가 선정되었다. Fig 2(a)은 MRF-140CG MR유체의 B-H곡선을 나타낸다. MR댐퍼를 구성하는 강자성체의 구조 소재는 SS-400으로 Fig

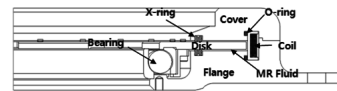
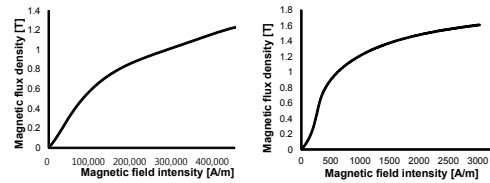


Fig. 1 Section of a rotary MR damper



(a) MR fluid (MRF-140CG) (b) ferromagnetic material (SS-400)

Fig. 2 B-H curve of materials

2(b)에 B-H곡선이 나타나 있다. 일반적으로 강자성체의 상대투자율이 높을수록 로터리 MR댐퍼의 체적을 줄일 수 있으며 제약된 공간에서 MR유체로 자속을 최대한 전달시키기 위해서는 각 설계변수들의 균형이 매우 중요하다.

먼저 초기 설계된 MR댐퍼에 대해 자기장해석을 실시하고 문제점을 검토 후 설계를 변경하는 방식으로 설계를 진행하였다

3. 자기장 해석

설계된 MR댐퍼에 대해 3D모델링을 실시하였고 로터리 MR댐퍼의 중심을 기준으로 회전방향으로 반복되는 형상 특성을 고려하여 Fig. 3(a)와 같이 1/6모델을 이용하여 대칭조건을 부여하여 해석자원을 절약하였다. 모델링에 있어서 자기장을 발생시키는 코일부는 라인(line)으로 나머지 부위는 솔리드(solid)로 모델링하였으며 전체 MR댐퍼를 감싸는 형태로 공기영역 또한 생성하였다. 코일부는 2A, 400 턴(turn)의 전류조건이 적용되었고 공기영역의 최외곽 표면에는 자속이 표면과 평행하도록 경계조건을 부여하였다. 메시는 2차 요소를 사용하

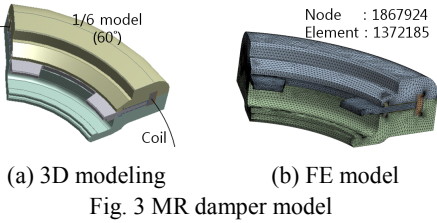


Fig. 3 MR damper model

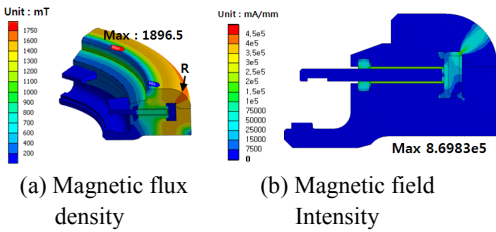


Fig. 4 FEA result of MR damper (R=25mm)

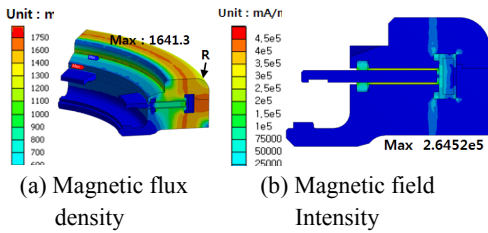


Fig. 5 FEA result of MR damper (R=15mm)

여 Fig. 3(b)와 같이 절점과 요소 각각 약 180만개와 140만개가 생성되었다.

해석결과 Fig. 4와 같이 자속밀도와 자계강도를 계산할 수 있었다. 그러나 Fig. 4(a)와 같이 MR댐퍼의 커버부에 자속밀도의 최고값이 나타났으며 그 값은 약 1.9T와 가까웠다. 이러한 높은 자속의 집중을 해소하기 위해 자속밀도가 높은 커버 외측 라운드 부분(그림에서 R로 표시)의 크기를 줄여주어 자속밀도를 낮춰주는 설계변경을 하였으며 그 결과 Fig. 5에 나타나있다. 자속밀도는 커버와 함께 MR댐퍼의 외곽부분을 담당하는 플랜지부에 나타났으며 값은 약 1.64T로 만족할 만한 수준이었다.

설계된 MR댐퍼의 성능을 결정하는 것은 디스크와 MR유체의 접촉부의 자계강도의 크기으로써 MR유체의 전단응력에 직접적인 영향을 미치는 요소이기 때문이다. 그러므로 Fig. 6와 같이 상부와 하부 직선을 따라서 MR유체에서 발생하는 자계강도를 파악하였으며 그 결과를 Fig. 7에 나타내었다. Fig.

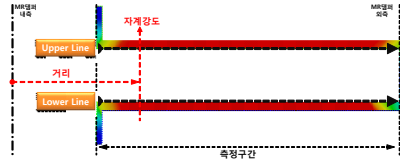


Fig. 6 Position by magnetic field intensity

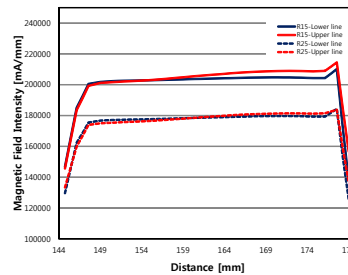


Fig. 7 Magnetic field Intensity graph

7에서 커버 외측 라운드를 25mm에서 15mm로 변경하면서 약 25,000mA/mm 상승시킬 수 있음을 확인하였다.

4. 결론

본 연구는 MR댐퍼의 성능을 개선하기 위하여 유한요소 전자기 해석을 실시하여 자속변화를 관찰하였고 커버의 형상 수정을 통해 댐핑토크에 직접적인 연관이 있는 MR유체-디스크 간의 자계강도를 강화시킬 수 있음을 확인하였다.

후기

본 연구는 한국연구재단을 통해 교육과학기술부의 세계수준의 연구중심대학육성사업(WCU)으로부터 지원받아 수행되었습니다. (R33-10155)

참고문헌

- Carlson, J. D., Catanzarite, D. M. and St. Clair, K. A., "Commercial Magneto-Rheological Fluid Devices," International Journal of Modern Physics B, 10, 2857-2865, 1996
- 이종석, 이지웅, 백운경 "로터리 MR댐퍼의 설계," 대한기계학회지, 1, 2125-2130, 2007