

# MRP 성분비와 자기장에 따른 Anisotropic Magneto-rheological Elastomer 의 전단계수에 대한 실험적 조사(II)

## Experimental Investigation of Shear Modulus of Anisotropic Magneto-rheological Elastomer due to Volume Percent of MRP and Magnetic Field(II)

윤지현\* · 이정환\* · 파와지\* · 이정윤\*\* · 오재응†

Ji-Hyun Yoon, Jung-Hwan Lee, N. Fawazi, Jung-Youn Lee and Jae-Eung Oh

### 1. 서론

Magneto-rheological Elastomer(MRE)는 자기력에 따라 물성이 변하는 자기유동학적 엘라스토머로서 Magneto-rheological Fluid(MRF)와 유사한 개념의 폴리머 재료이다. MRF 의 경우, 자기력에 의해 극성을 가질 수 있는 입자들이 점성유체 안에 불규칙적으로 분포하고 있으나 외부 자기력의 방향에 따라 입자들이 체인 형태로 정렬하여 기계적 성질이 변하게 된다. 이런 성질을 이용하여 브레이크와 클러치, 엔진마운트 등에 적용되고 있다. 그러나, MRF 는 액체 누출 등의 환경오염 문제가 발생할 수 있으며, 입자의 잔류물은 시스템의 성능을 저하시킬 수 있다. 이와 같은 MRF 의 단점을 보완하기 위해 자기유동학적 재료이며 고체인 MRE 에 대한 연구가 이루어지고 있다.

MRE 는 MRF 와 마찬가지로 Natural Rubber(NR), Silicon Rubber 와 같은 폴리머에 Magnetic Reactive Powder(MRP) 등의 자기력에 의해 극성을 가지는 입자를 첨가한 고체이다.

최근 이와 같은 성질을 가지는 MRE 에 대해 다양한 연구가 이루어지고 있다. 도요타 R&D 연구실에서는 1992 년에 철입자가 포함된 실리콘 젤을 엔진 마운트에 적용하기 위해 개발하였고, Ford 연구소에서는 Ginder 등이 NR 과 합성고무를 이용하여 MRE 를 제작하였다. Watson 은 MRE 를 이용한 자동차 부품을 개발하였다.

자기력에 의해 기계적 물성을 컨트롤 할 수 있는 MRE 는 현재 MRF 에 비해 여러 분야에서 적용되고 있지는 못하지만 MRF 의 단점을 보완할 재료로서

주목을 받고 있다. 또한, MRE 는 유체실링 등이 필요 없고 비교적 작은 공간에서의 구현이 가능하므로 가변형 강성을 가지는 마운트, 자동차 서스펜션 등의 분야에서 응용될 가능성이 크다.

본 연구에서는 MRE 에 대한 기초연구로서 인가전류에 따른 전단계수를 측정하기 위한 초기 실험을 수행했던 이전 연구를 보완하여 실험을 실시하였다. 이전 연구에서 Anisotropic MRE 를 위한 배향을 영구자석을 이용한 방법을 사용하였으나, 이는 MRE 의 성능저하를 유발하게 되는 기포발생과 강한 자기력으로 인한 시편 제거의 어려움이 있었다. 따라서, 이번 연구에서는 본 연구팀이 제작한 Anisotropic Mold 를 이용하여 MRE 를 성형하였으며, 성형된 Anisotropic MRE 에 대해서 이전 연구에서 개발한 전단계수 측정시스템을 통해 MRP 성분비와 자기장에 따른 Anisotropic MRE 의 전단계수에 대하여 실험적인 조사를 수행하였다.

### 2. Anisotropic MRE 의 제작

NR 을 기본 매트릭스로 하여 Activator 는 ZnO 와 Stearic Acid, Accelerator 는 Cz, Curing Agent 는 S 로 준비하였다. 위와 같은 각종 첨가제와 MRP 를 NR 과 함께 고무배합기계인 Roll-Mill 을 사용하여 재료를 혼합하였다. 이 작업을 거친 뒤 고분자재료 내의 사슬 완화를 위하여 상온에서 24 시간 두었다. 다음으로 프레스를 이용하여 160 도, 2000psi(14.8kPa)의 조건으로 경화 과정을 약 7 분 간 거쳐서 MRE 를 성형하였다. 이 때, MRP 의 체인 형태의 배열을 유도하기 위하여 0.6T 의 자기력을 갖는 두 개의 네오디움 자석으로 Fig.2 와 같은 Anisotropic Mold 를 제작하여 배향하였다.

또한, 본 연구에서는 영구자석을 이용한 이전결과와 비교하기 위하여 동일한 MRP 성분비 30, 40, 50%

† 오재응; 한양대학교 기계공학부  
E-mail : jeoh@hanyang.ac.kr  
Tel : (02) 2294-8294, Fax : (02) 2299-3153  
\* 한양대학교 대학원 기계공학과  
\*\* 경기대학교 기계시스템디자인공학부

의 세가지 시편을 제작하였다.



Fig.1 Roll-mill and Press



Fig.2 Anisotropic Mold

### 3. 이론 및 실험

#### 3.1 이론

Fig.3 과 같은 측정시스템에서,

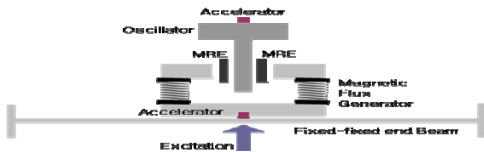


Fig.3 Measurement System for MRE

Fig.4 에서처럼 oscillator 와 MRE 를 1 자유도계 시스템으로 모델링하였다.

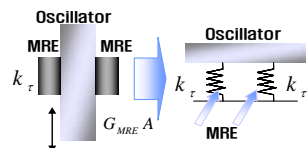


Fig.4 Modeling of Oscillator and MRE

전단방향의 강성  $k_r$  를 가지는 두 개의 스프링이 지지하는 1 자유도계 시스템으로 상사하면, oscillator 의 고유진동수는 식(1)로 표현된다.

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2k_r}{m}}, \text{ where } m : \text{mass of oscillator} \quad (1)$$

전단방향의 힘  $k_r h$  와  $GA$  가 같다고 가정하면 전단계수는 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$G_{MRE} = 2\pi^2 f_n^2 \frac{mh}{A} \quad (2)$$

#### 3.2 실험

Fig.3 의 측정시스템에서 하부 가진력에 대한 oscillator 의 주파수를 측정하여 식(2)로부터 전단계수

를 도출하였다. 도출된 값을 자기장이 인가되지 않은 경우(0A)에 대한 증가율(%)로 Fig. 5,6,7 에 나타내었다.

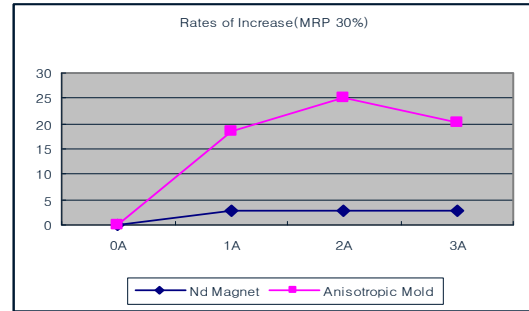


Fig.5 Rates of Increase(%, MRP30%)

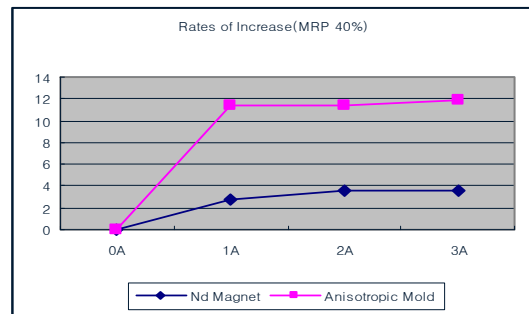


Fig.6 Rates of Increase(%, MRP40%)

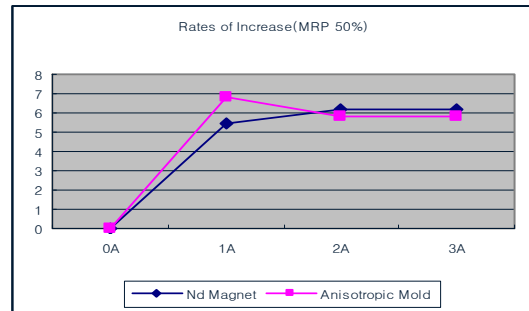


Fig.7 Rates of Increase(%, MRP50%)

측정 결과, 영구자석으로 배향한 경우에 비해 보다 큰 전단계수 변화율을 나타내는 것을 알 수 있었으며, 최대 전단계수 변화율은 MRP30% 25.11%, MRP40% 11.95%, MRP 50% 6.83%로 나타났다.

### 4. 결론

영구자석으로 배향한 이전 연구를 보완하기 위하여 Anisotropic Mold 를 제작하였으며, 이를 이용하여 MRP 30, 40, 50%의 세가지 MRE 시편을 성형하였다. 측정 결과, 영구자석으로 배향한 경우보다 MRP 성분비와 인가전류에 따른 전단계수 변화율이 증가함을 알 수 있었으며, 최대 전단계수 변화율은 MRP30% 인가전류 2A 에서 나타남을 확인하였다.