한국소음진동공학회 2012년 추계학술대회논문집, pp. 538~539

실리콘 고무 기반 이방성 Magnetorheological Elastomer 의 전단계수 측정

Experimental Identification on Shear Modulus of Magneto-rheological Elastomer based on Silicon Matrix due to Induced Current

오재응† · 정운창* · 윤지현* · 김진수* · 이유엽**
Jae-Eung Oh, Un-Chang Jeong, Ji-Hyun Yoon, Jin-Su Kim, Yoo-Yup Lee

1. 서 론

현대 사회에서 소비자들의 기계 및 구조물에 대한 경량화 및 진동·소음에 대한 요구가 증대되고 있다. 특히 진동·소음은 소비자가 제품을 구매 및 선택하는 가장 중요한 요소 중 하나로 자리잡고 있다. 이러한 기계 및 구조물에 대한 진동문제를 해결하기 위해 다양한 제진 방법이 개발되고 있다. 그 중 진동·소음을 저감하기 위한 가장 효율적인 방법은 가진원으로부터 진동 전달을 방지하는 것이며, 이와 같은 목적을 갖는 대표적인 제품이 바로 방진고무이다. 방진고무는 생산하기 쉬우며, 저비용 그리고 적용이 쉬워 자동차, 가전 등에 필수적으로 적용되는 제품이다. 특히 자동차에서는 진동·소음의 제진 뿐만아니라 조종안정성 및 승차감에 많은 적용이 이루어 지고 있다. 그러나 이러한 방진고무는 일정한 고무 물성을 갖는 수동적인 방진대책으로서 특정 주파수 대역의 진동만을 저감 시킬 수 있는 한계가 있다. 따라서 가변하는 가진주파수에서 능동적으로 제진을 할 수 있는 방진고무 기술의 개선이 필요하다. 이러한 개선책으로서 최근 스마트 재료가 각광을 받고 있다. 이중 Magnetorheological Elastomer (MRE)는 스마트재료의 한 종류로서 자기장 인가에 따라 고무의 물성을 변화시킬 수 있어 진동·소음에 능동적인 방진대책에 적용될 수 있다. MRE 는 천연고무에 Carbonyl-Iron Powder (CIP) 입자를 첨가한 고체이다. MRE 는 제작 시의 CIP 배열에 따라 이방성 및 등방성 MRE 로 나뉜다. 특히 이방성 MRE 는 제작 시에 자기장을 인가하여 천연고무를 바탕으로 CIP입자가 체인-사슬형태를 이루게 되어 자기장 인가에 따라 MRE 의 물성의 변화율이 크게 나타나게 된다. 이러한 이방성 MRE 의 물성 변화를 이용하여 가변하는 가진주파수에서의 진동 저감이 예상된다.

따라서 이방성 MRE 의 자기장 인가에 따른 물성 변화를 적용하여 진동 전달률의 변화를 실험적으로 평가할 필요가 있다.

본 연구에서는 전류를 이용한 자기장 인가장치를 이용하여 전류인가에 따른 실리콘 기반 이방성 MRE 의 전단계수에 대하여 평가를 하였다.

2. 이 론

2.1 자기장 인가 시 이방성 MRE의 전달률

(1) 이방성 MRE의 이론적 전단계수

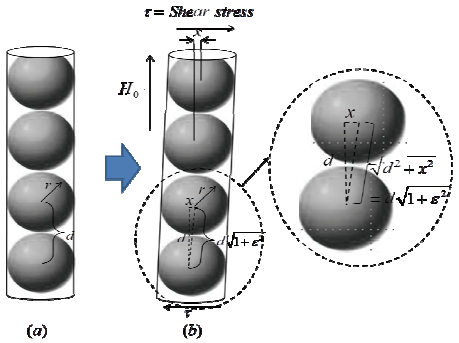

Fig. 1. The shear model of CIP column and chain .

자기장 인가 시 이방성 MRE의 전단응력은 식(1)과 같다.

† 교신저자; 정회원, 한양대학교 기계공학부
E-mail : jeoh@hanyang.ac.kr
Tel : (02)2294-8294, Fax : (02)2299-3153
* 한양대학교 기계공학과
** 호원대학교 자동차기계공학부

Fig.1와 같이 CIP 입자 열과 함께 MRE 또한 전단변형이 발생하므로 전단응력과 전단계수와의 관계를 이용하여 전단계수 변화량 ΔG 는 식(21)으로 나타낸다.

$$\Delta G = 12\mu_0\phi_p\mu_m(\frac{R}{d})H_0^2 \times \frac{(\mu_p-\mu_m)^2}{\sqrt{1+\varepsilon^2}[3\sqrt{1+\varepsilon^2}(\mu_p+\mu_m)-4\frac{R}{d}(\mu_p-\mu_m)]^2} \quad (1)$$

이방성 MRE의 전단계수는 자기장의 세기와 CIP 부피비에 영향을 받는 것을 알 수 있으며 여기서 μ_0 는 공기의 투자율을 나타내며, 식 (1)에서 전단계수는 전단변형률이 증가할수록 감소하게 된다.

(2) 이방성 MRE의 이론적 전단계수

Fig. 2와 같은 MRE의 진동 전달률을 측정하기 위한 시스템을 구현하였다.

$$k^* = \frac{G_{MRE}A}{h} \quad (2)$$

여기서 h는 시편의 두께이다. 이를 이용해 MRE 시편의 전달률은은 식 (3)으로 나타낼 수 있다. 따라서 Oscillator의 고유진동수는 자기장 인가에 따라 변화하게 된다.

$$G_{MRE} = 2\pi^2 f_n^2 \frac{mh}{A} \quad (3)$$

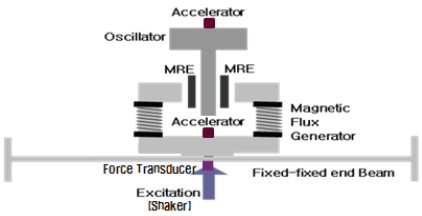

Fig. 2. The Shear Modulus Measurement system.

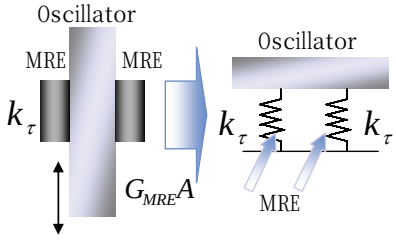

Fig. 3. Mathematical modeling of MRE and oscillator

3. 실험 결과 및 고찰

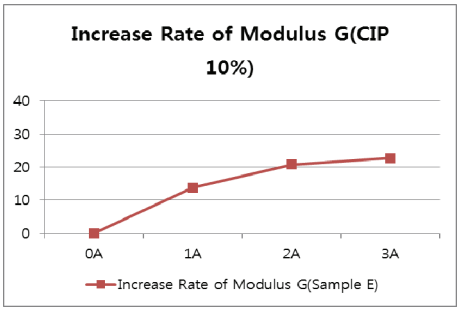

Fig 4. Increase Ratio of Shear modulus(CIP10%)

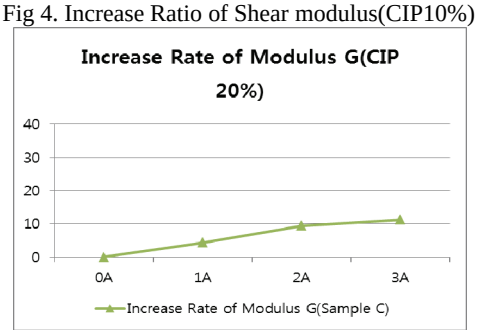

Fig 5. Increase Ratio of Shear modulus(CIP20%)

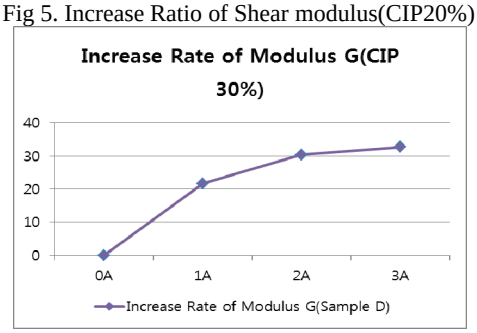

Fig 6. Increase Ratio of Shear modulus(CIP30%)

측정 결과 인가전류 증가에 따라 전단계수가 증가함을 알 수 있었으며, 각 성분비의 최대 전단계수 변화율은 각각 CIP 10%,CIP20%,CIP30%의 증가율을 나타내었다. 그리고 CIP30%에서 3A를 주었을 때 전단계수의 증가율은 증가하지 않아 자기포화 현상을 나타낸 것으로 보인다.

4. 결 론

MRE의 전단계수 측정을 위하여 실리콘 매트릭스 기반 이방성 MRE의 전단계수 변화율을 CIP 비율에 따라 측정하였다. 이때 CIP 30%에서 3A를 주었을때 자기포화현상이 나타나며 전단계수 변화 성능은 최대를 나타냄을 알 수 있었다.