

전류 인가에 따른 이방성 Magnetorheological Elastomer의 진동 전달률 변화에 대한 평가

Estimation on vibration transmissibility

정운창* · 윤지현* · 양인형* · 이정윤** · 오재응†

Un-Chang Jeong, Ji-Hyun Yoon, In-Hyung Yang, Jung-Youn Lee and Jae-Eung Oh

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 뿐만 아니라 조종안정성 및 승차감에 많은 적용이 이루어지고 있다. 그러나 이러한 방진고무는 일정한 고무 물성을 갖는 수동적인 방진대책으로서 특정 주파수 대역의 진동만을 저감시킬 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 스마트재

료의 한 종류로서 자기장 인가에 따라 고무의 물성을 변화시킬 수 있어 진동·소음에 능동적인 방진대책에 적용될 수 있다. MRE는 천연고무에 Carbonyl-Iron Powder (CIP) 입자를 첨가한 고체이다. MRE는 제작 시의 CIP 배열에 따라 이방성 및 등방성 MRE로 나뉜다. 특히 이방성 MRE는 제작 시에 자기장을 인가하여 천연고무를 바탕으로 CIP입자가 체인-사슬형태를 이루게 되어 자기장 인가에 따라 MRE의 물성의 변화율이 크게 나타나게 된다. 이러한 이방성 MRE의 물성 변화를 이용하여 가변하는 가진주파수에서의 진동 저감이 예상된다.

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

본 연구에서는 전류를 이용한 자기장 인가장치를 이용하여 전류인가에 따른 이방성 MRE의 진동 전달률에 대하여 평가를 하였고, 이를 비교하기 위하여 기존의 방진고무와 등방성 MRE의 진동 전달률의 실험을 수행하였다.

2. 이 론

2.1 자기장 인가 시 이방성 MRE의 전달률

(1) 이방성 MRE의 이론적 전달계수

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

* 한양대학교 대학원 기계공학과

** 경기대학교 기계시스템공학부

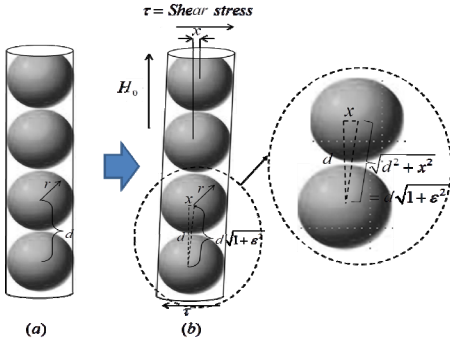


Fig. 1. The shear model of CIP column and chain .

자기장 인가 시 이방성 MRE의 전단응력은 식(1)과 같다.

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

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

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 진동 전달률

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

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

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

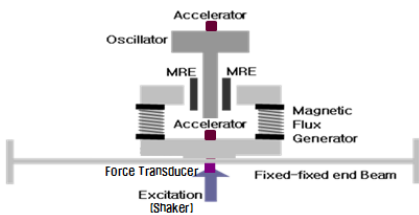


Fig. 2. the vibration transmissibility ratio system.

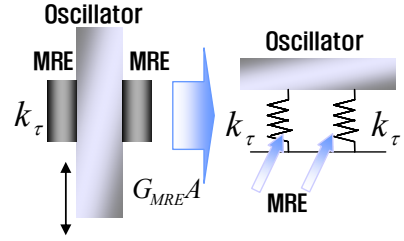
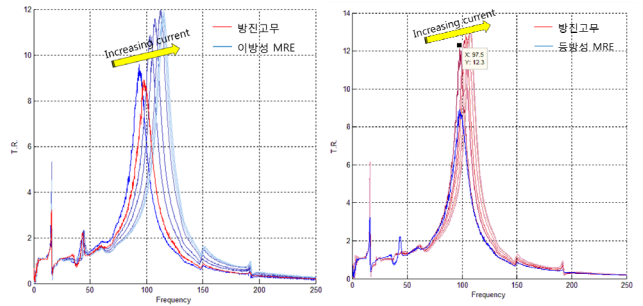


Fig. 3. Mathematical modeling of MRE and oscillator

$$T.R. = \sqrt{\frac{1 + (2\zeta r)^2}{(1 - r^2)^2 + (2\zeta r)^2}} \quad (3)$$

$$r = \frac{\omega}{\omega_n} = \frac{\omega}{\sqrt{\frac{\Delta k^*}{m}}}$$

3. 실험 결과 및 고찰



방진 고무의 진동 전달 대역은 일정하나 이방성 및 등방성 MRE의 진동 전달 대역은 전류인가에 따라 변화하게 된다. 또한 이방성 MRE가 등방성 MRE보다 진동 전달 대역이 전류 변화에 따라 넓게 변화하는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

실험을 통하여 기존의 방진고무와 등방성 및 이방성 MRE의 진동 전달률을 알아보았다. 실험 결과 이방성 MRE가 전류 인가에 따라 진동 전달대역을 변화시켜 가진하는 주파수에서의 진동을 기존의 방진 고무와 등방성 MRE보다 효과적으로 저감 시킬 수 있음을 확인하였다.

후 기

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구 사업임(No. 2011-0002879)