

바이패스홀을 특징으로 하는 승용차용 MR 댐퍼의 성능 평가

Performance Evaluation on an MR Damper Featuring Bypass Hole for Passenger Vehicle

오중석 † · 신도균* · 손정우** · 최승복 †

Jong-Seok Oh, Do-Kyun Shin, Jung-Woo Sohn, and Seung-Bok Choi

Key Words : Magnetorheological Fluid (MR 유체), MR Damper (MR 댐퍼), Bypass Hole (바이패스홀), Damping Force (감쇠력), Ride Quality (승차감)

ABSTRACT

This paper proposes a method for damping force modeling of magnetorheological (MR) damper featuring bypass hole. After describing configuration and of the MR damper, a damping force modeling of the MR damper is derived based on Bingham model of MR fluid. MR damper consists of piston, accumulator, gap, bypass hole and coil. Damping force is consists of spring force induced by accumulator, viscous force induced at gap and bypass hole, and controllable force induced at gap.

1. 서 론

차량의 주행 중 도로의 노면에 의한 진동은 운전자의 승차감과 차체 안정성에 매우 큰 악영향을 미친다. 따라서 이러한 진동을 저감하기 위한 승용차용 현가장치에 대한 다양한 연구가 많이 수행되고 있다. 이러한 차량용 현가장치의 종류는 현가장치의 댐핑력 조절여부를 바탕으로 크게 수동, 능동과 반능동형으로 구분된다. 수동형 현가장치는 유체의 점성력을 이용한 진동을 저감시키는 장치이다. 이러한 수동형 현가장치는 가격과 유지 및 보수비용이 저렴하나 성능이 매우 제한적이다. 이를 위해 능동형 현가장치가 개발되었지만, 능동형 현가장치는 큰 동력을 필요로 하며 구조가 복잡하고 고비용을 필요로 하여 상용화에 큰 제약이 존재한다. 이에 반해 반능동형 현가장치는 구조가 간단하고 저렴하며 에너지 소모가 적어 최근 관련 연구가 많이 진행되고 있다. 특히, 지능재료중의 하나인 MR

(magnetorheological) 유체나 ER (electrorheological) 유체를 이용한 반능동형 현가장치는 큰 동력 없이 능동형 현가장치에 가까운 큰 감쇠력을 얻을 수 있어 최근 활발한 연구가 수행되고 있다¹⁾.

본 연구에서는 바이패스홀을 특징으로하는 MR 댐퍼의 감쇠력 모델을 제안한다. 먼저 MR 댐퍼의 구성을 설명한 후, MR 유체의 빙햄모델을 기반으로 한 감쇠력 모델을 유도한다.

2. MR 댐퍼

2.1 MR 댐퍼의 구성

본 연구에서는 Fig. 1 과 같은 MR 댐퍼의 감쇠력 모델을 구축한다. MR 댐퍼는 피스톤을 기준으로 상부와 하부 챔버로 구분되며, 각각의 챔버는 MR 유체로 채워진다. 이에 피스톤의 움직임에 따라 MR 유체는 Bobbin 내의 바이패스홀과 잭을 따라 상하부 챔버로 이동하게 된다. 이때의 유체의 유동에 따른 압력강하로 댐퍼의 감쇠력을 생성된다. 하부 챔버는 가스로 가득 채워진 어큐뮬레이터와 연결되며, 피스톤의 입출력에 따른 부피보상을 하게 된다.

2.2 MR 댐퍼의 감쇠력 모델

MR 댐퍼의 감쇠력에 영향을 미치는 요인으로는 어큐뮬레이터에서의 탄성력, 마찰력, 바이패스홀에

† 교신저자; 정희원, 인하대학교 기계공학과

E-mail : seungbok@inha.ac.kr

Tel : (032) 860-7319, Fax : (032) 868-1716

‡ 발표자; 인하대학교 대학원 기계공학과

* 인하대학교 대학원 기계공학과

** 금오공과대학교 기계설계공학과

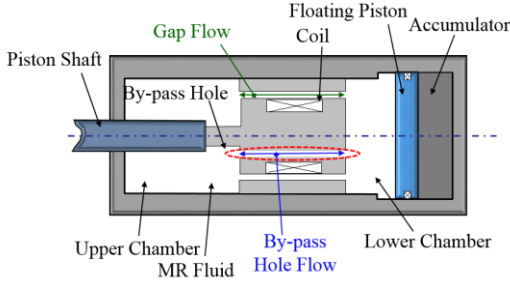


Fig.1 Configuration of MR Damper

서의 MR 유체의 점성력과 갭에서의 점성력과 제어력이 있다. MR 댐퍼에서 마찰력의 영향은 크지 않기에 본 연구에서 고려하지 않도록 한다.

MR 댐퍼의 점성력 및 MR 효과에 의한 제어력은 피스톤 상부와 하부의 압력 차이에 따른 압력 강하로 생성되며 압력강하 상관계수는 유체역학적 관계식에 의해 유도된다. 이때 압력강하 상관계수에 면적을 곱하게 되면 점성력과 MR 효과에 의한 댐핑력을 도출할 수 있으며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$F = (A_p - A_r) \Delta P \quad (1)$$

이때 A_p, A_r 는 피스톤과 피스톤 로드의 단면적을 뜻한다. 바이패스홀에서의 유동은 원통형 파이프를 흐르는 유동으로 가정할 수 있으며 갭에서의 유동은 평행판사이의 유동으로 가정할 수 있다. 이때의 압력강하는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta P_{gap} = \rho g f_{gap} \frac{L_{gap}}{D_{gap}} \frac{V_{gap}^2}{2g} \quad (2)$$

$$\Delta P_{bypass} = \rho g f_{bypass} \frac{L_{bypass}}{D_{bypass}} \frac{V_{bypass}^2}{2g}$$

이때, L, D, V 는 바이패스홀과 갭의 길이와 지름, 속도를 뜻한다. f_{gap} 와 f_{bypass} 는 바이패스홀과 갭에서의 마찰계수를 뜻하며 레이놀드수를 이용하여 구할 수 있다. 이때 갭과 바이패스홀의 입출구가 같기에 압력강하계수는 같은 값을 가지게 되며, 갭과 바이패스홀에서의 유동속도를 알기 위해 압력강하계수를 연립하여 풀게 된다.

MR 효과에 의한 제어력의 압력강하 상관계수는 다음과 같다.

$$\Delta P = \frac{cL_{duct}}{d} \tau_y \quad (3)$$

여기서 c 는 MR 유체의 유속계수, d 는 갭의 유로두

께, τ_y 는 MR 유체의 항복응력을 뜻한다. 또한 어큐뮬레이터에서의 댐핑력은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta P_{accu} = P_0 \left(\frac{V_0}{V_0 + A_p x_p} \right)^\gamma \quad (4)$$

이때 V_0 와 P_0 는 각각 어큐뮬레이터의 초기 입력과 부피이며, γ 는 열팽창계수이다. 이상으로 식 (1) ~ (4)를 종합하면 MR 댐퍼의 전체 감쇠력 모델은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$F_{total} = A_p P_0 \left(\frac{V_0}{V_0 + A_p x_p} \right)^\gamma + (A_p - A_r) \cdot \left(\frac{cL_{duct} \tau_y \operatorname{sgn}(\dot{x}_p)}{d} + \rho g f_{gap} \frac{L_{gap}}{D_{gap}} \frac{V_{gap}^2}{2g} \right) \quad (5)$$

3. 결 론

본 연구에서는 바이패스홀을 특징으로하는 MR 댐퍼의 감쇠력모델을 구축하였다. 먼저 MR 댐퍼의 구조를 소개한 후 감쇠력 발생 경로에 따른 감쇠력모델을 유도하였다. MR 댐퍼의 감쇠력은 크게 바이패스홀, 갭, 어큐뮬레이터에서 발생하며, 특히 갭을 지나는 MR 유체는 자기장의 영향을 받아 MR 댐퍼의 감쇠력을 조절할 수 있게 된다. 본 연구에서 제안된 모델을 통해 MR 댐퍼의 거동을 정확히 예측할 수 있게 되며 이러한 결과는 MR 유체를 이용한 다양한 장치에 널리 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2010-0015090)

참 고 문 헌

- (1) Seong, M. S., Sung, K. G., Han, Y. M., Choi, S. B. and Lee, H. G., 2008, "Vibration Control of MR Suspension System Considering Damping Force Hysteresis," Transactions of the KSNVE, Vol.18, No.3, pp.315-322.