

# 반능동 현가장치용 MR댐퍼의 실험적 평가

## Experimental Evaluation of MR-Damper for Semi-active Suspension

이규섭† · 구형욱\* · 안채현\*\*

Gyu-Seop Lee, Hyung-Wook Koo and Chae-Hun An

### 1. 서 론

철도의 고급화 요구에 따라 다양한 연구가 활발히 진행 중이다. 이에 승차감의 주요 개선 요소로 부각되고 있다. 반능동 현가장치는 철도의 운행 중 발생하는 진동이 승객에게 전달되는 것을 차단하여 승차감을 높이는 요소이다.

한편, MR댐퍼는 입력되는 전류의 크기에 따라 감쇠력이 제어되며, 상대적으로 단순한 구조와 저렴한 가격으로 우수한 진동 제어 효과를 가진다.

본 연구에서는 철도용 반능동 현가장치를 위해 개발된 MR댐퍼를 다양한 조건으로 구분하여 제작하고 평가하였다. 또한 해석적인 제진 성능 평가를 위하여 정교한 비선형 모델로 모델링하였으며, 실험 결과를 바탕으로 유전 알고리즘을 이용하여 매개변수를 규명한다.

### 2. MR댐퍼의 구조 및 모델링

#### 2.1 MR댐퍼의 구조와 모델링

MR댐퍼는 Fig. 1과 같은 구조를 가진다. 이는 유체의 마찰 감쇠 및 점성 감쇠, 전자석의 비선형성

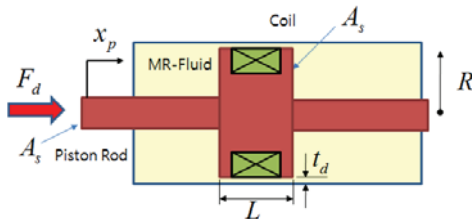


Fig. 1 MR-Damper model

† 교신저자; 정회원, 알엠에스 테크놀로지(주)  
E-mail : rmstech@rmstech.co.kr  
Tel : 041) 556-7600, Fax : 041) 556-7603

\* 알엠에스 테크놀로지(주)

\*\* 한국생산기술연구원

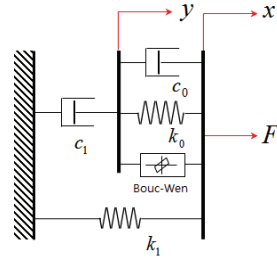


Fig. 2 Modified Bouc-Wen Model

등 여러 가지 인자로 심한 비선형성을 갖고 있어서 수학적 모델링이 매우 까다롭다고 알려져 있다.

본 연구에서는 Fig. 2 및 식(1)~(3)과 같이 MR댐퍼의 거동을 잘 묘사하는 것으로 알려진 비선형 모델인 Modified Bouc-Wen 모델을 적용한다.

$$F = c_1 \dot{y} + k_1(x - x_0) \tag{1}$$

$$\dot{y} = \frac{1}{c_0 + c_1} [\alpha z + c_0 \dot{x} + k_0(x - y)] \tag{2}$$

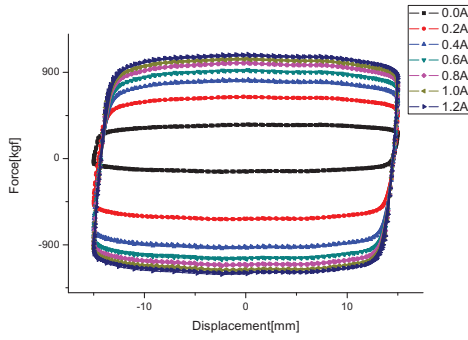
$$\dot{z} = -\gamma |\dot{x} - \dot{y}| |z|^{n-1} z - \beta (\dot{x} - \dot{y}) |z|^n + A(\dot{x} - \dot{y}) \tag{3}$$

#### 2.2 현가장치용 MR댐퍼의 제작 및 실험

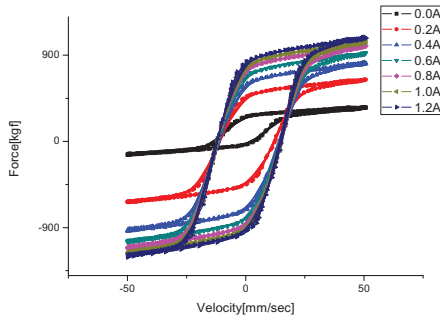
현가장치용 MR댐퍼는 기존의 연구 및 실험 경험을 바탕으로 제작 되었다. 또한 형상 및 조건에 따른 특성을 실험적으로 평가하기 위하여 MR유체의 점도 및 비중, 오리피스 간극( $t_d$ ), 전류의 크기, 입력 주파수 및 변위 등을 변화 시키며 인장 압축 시험기를 이용하여 변위와 댐핑력의 측정 실험을 수행하였다. 그 중 일부의 결과를 Fig. 3에 나타내었다.

#### 2.3 유전 알고리즘을 이용한 매개변수 규명

Bouc-Wen 모델은 많은 매개변수를 가진 비선형 모델로 이의 매개변수를 결정하는 일은 매우 까다로운 일이다. 유전 알고리즘은 비선형 특성에 강인한



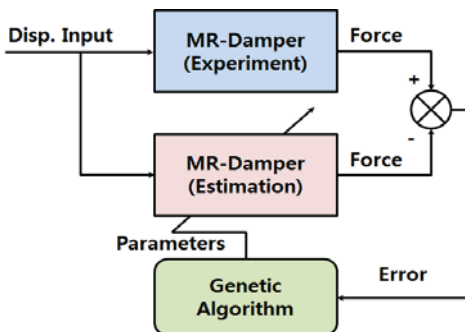
(a) Force-displacement plot



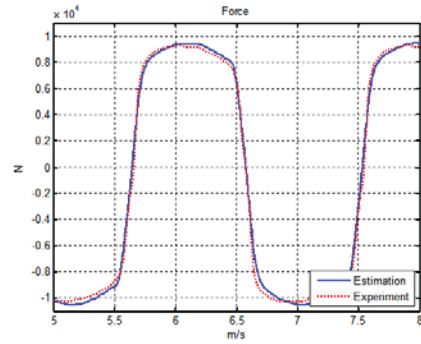
(b) Force-velocity plot

**Fig. 3** Experiment result of MR-damper with changing current

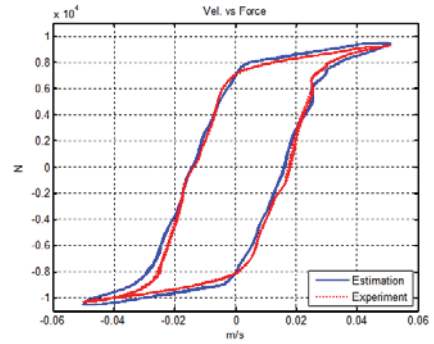
특성이 알려져 있으므로 이에 적용한다. Fig. 4는 이를 이용하여 매개변수를 규명하는 방법을 도시한 것으로 실험 결과와 모델의 출력간의 차이를 목적함수로 설정하고 수렴 조건이 만족할 때 까지 반복 실행을 수행한다. Fig. 5는 이의 결과로 오차 범위 내에서 우수한 특성으로 수렴한 것을 확인할 수 있다.



**Fig. 4** Parameter estimation using G.A



(a) Force



(b) Force-velocity plot

**Fig. 5** Comparison between experiment and estimation Result

본 모델을 기존 연구의 다자유도 철도 모델에 부착하고 제어 알고리즘을 적용하면 현실성 있는 제진 성능 평가에 활용할 수 있다.

### 3. 결 론

반응동 현가 장치용 MR댐퍼를 제작하였으며 다양한 치수 변화 및 조건에 따른 실험을 수행하였다.

철도용 차량에서 MR댐퍼의 제진 성능을 해석적으로 평가하기 위하여 정교한 비선형 모델을 선정하였다. 실험결과를 기준으로 유전 알고리즘을 적용하여 매개변수를 규명하였다.

### 후 기

본 연구는 지식경제부 산업기술개발사업 철도차량용 능동현가장치 기술개발 지원에 이루어졌으며 이에 감사드립니다.