

구조물 면진 성능 향상을 위한 MR 엘라스토머 기반 적층형 기초 격리 시스템 MR Elastomer-based Laminated Base Isolation System for Improving Seismic Performance of Structures

이정훈* · 임승현** · 정형조† · Michael P. Karnes*** · 구정회****

Junghoon Lee, Seung-Hyun Eem, Hyung-Jo Jung, Michael P. Karnes and Jeong-Hoi Koo

2. 적층형 MR 엘라스토머

1. 서 론

지진에 대비한 구조물의 진동문제를 해결하기 위한 가장 일반적인 방법은 면진장치를 설치하여 지반으로부터 구조물을 격리시키는 것이다. 그러나 기존의 면진장치는 수동형태로 설치 이후 하나의 고유진동수를 가지기 때문에 다양한 지진 하중에 대한 적응성이 부족하며, 과도한 면진장치의 변위 발생으로 설치 및 안전성의 문제가 발생할 수 있다.

능동형 기초격리 장치와 같이 지진하중의 특성을 고려하여 고유진동수를 변화 시킬 수 있는 MR 엘라스토머-기반 기초격리 시스템을 이용하면 위에서 언급한 단점들을 보완 할 수 있다. 그러나 MR 엘라스토머는 유연성이 높아 크기가 커질수록 구조물을 안정적으로 지지할 수가 없다.

따라서 이러한 단점을 보완하기 위해 본 연구에서는 고무 사이사이에 강판을 넣은 LRB형 MR 엘라스토머에 대하여 RB형 MR 엘라스토머와 비교하였을 때 차이점이 있는지 알아보았다.

또한 적층판의 종류에 따라 MR 엘라스토머에 가해주는 자기장의 분포 및 세기가 변화 하여 적층판의 종류를 바꿔가며 고유진동수의 변화를 확인해 보았다.

일반적으로 면진에 고무만을 이용한 탄성고무받침(Rubber Bearing (RB))의 경우 연직방향으로 큰 하중을 작용시키면 연직방향으로의 변화도 클 뿐만 아니라, 횡방향으로 부풀어 오르게 되어(Bulging Effect) 구조물을 안정하게 지지할 수 없다. 그에 반해 고무 사이사이에 강판을 넣은 적층형 고무받침(Laminated Rubber Bearing (LRB))은 연직방향 및 횡방향의 변형이 크게 억제되어 RB의 단점을 보완할 수 있다. 또한 수평방향으로의 전단변형의 크기 또한 RB의 경우와 큰 차이가 없다.

천연고무와 비슷한 성질을 갖는 MR 엘라스토머의 경우에 이를 확인하기 위하여 간단한 시험을 수행하였다. 지름 40mm, 높이 30mm의 원기둥모양의 RB 형태와 LRB 형태의 MR 엘라스토머를 각각 제작하여 상부에 4.5kg의 질량체를 올려 Bulging Effect가 어느정도 발생하는지 확인하였다. 확인 결과 Table 1과 같이 RB 형태 MR 엘라스토머의 높이 및 중간지점 지름의 변화가 LRB에 비해 큰 것을 알 수 있다. 즉, LRB 형태로 제작함으로써 자체 변형을 크게 감소시켜 RB 형태의 단점을 보완할 수 있게 된다.

Table 1 Height and center diameter of two kinds of MR elastomers

	RB	LRB
Height	24.0mm	28.5mm
center diameter	43.6mm	40.3mm

† 교신저자; 정회원, KAIST 건설및환경공학과 부교수
E-mail : hjung@kaist.ac.kr
Tel : 042-350-3626 , Fax : 042-350-3610

* KAIST 건설및환경공학과 석사과정

** KAIST 건설및환경공학과 박사과정

*** 미국 Miami Univ.(OH) 기계및생산공학과 학사과정

**** 미국 Miami Univ.(OH) 기계및생산공학과 부교수

3. 실험 및 결과

LRB형 MR 엘라스토머의 자기장 세기에 따른 강성변화를 확인하기 위하여 진동대를 이용하여 실험을 수행하였다. LRB형 MR 엘라스토머는 내부 삽입 강판을 자기장에 반응하는 철과 반응하지 않는 알루미늄의 2종류로 제작하였다. LRB형 MR 엘라스토머는 7층으로 구성되어 있으며 자성입자 30%가 포함된 MR 엘라스토머를 사용하였다. Figure 1과 같이 MR 엘라스토머 상하부 양단에 전자석을 설치하였으며 양단 전자석의 중간, MR 엘라스토머의 중심부에서의 자기장 세기를 0, 0.067, 0.134T로 변화시키며 실험을 수행하였다. 지반가진을 모사하기 위하여 진동대 위에 실험장치를 설치한 후 0 ~ 15 Hz의 랜덤 가진하였다. 각 실험 case 당 100초의 data를 3번씩 측정하였으며 이의 평균값을 계산하였다.

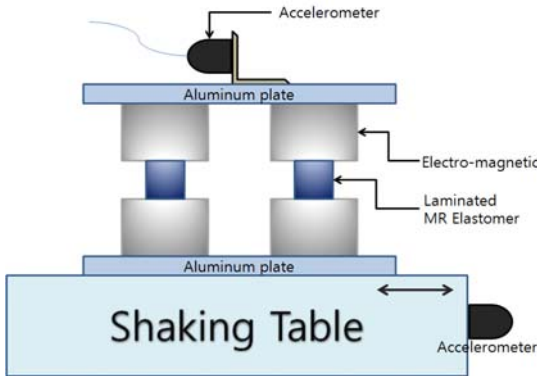
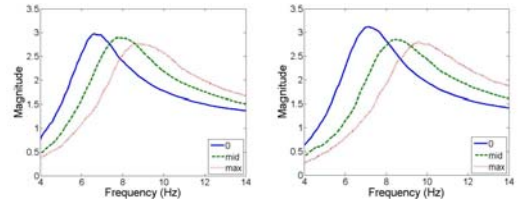


Figure 1 Experiment set-up

상부 가속도 응답의 주파수응답함수를 식 (1)을 이용하여 계산하였으며 이의 결과를 Figure 2에 도시하였다. 그림의 (a)는 삽입강판이 알루미늄판인 경우이며 (b)는 철판을 사용하였을 경우의 결과이다.

자기장이 0, 0.067T, 0.134T로 변할수록 고유진동수가 증가하고 그래프의 폭을 보았을 때 감쇠효과도 증가하는 것을 알 수 있다.

$$H_T(f) = \frac{S_{y_n y_n}(f) - S_{x_n x_n}(f) + \sqrt{[S_{x_n x_n}(f) - S_{y_n y_n}(f)]^2 + 4|S_{x_n y_n}(f)|^2}}{2S_{y_n x_n}(f)} \quad (1)$$



(a) Aluminum plate (b) Iron plate
Figure 2 Frequency response function of each cases

또한 자기장의 세기에 따른 고유진동수 변화는 Table 3과 같다. 결과를 보면 알 수 있듯이 적층판과 수직한 방향으로 자기력선이 통과하는 경우에는 철판을 사용한 LRB형 MR 엘라스토머의 고유진동수 변화폭이 알루미늄판을 사용하였을 때보다 약 21% 커진다는 것을 알 수 있다.

Table 2 Natural frequency (Hz)

Magnetic flux density (T)	Aluminum	Iron
0	6.775	6.807
0.067	8.016	8.516
0.134	9.001	9.517

4. 결 론

본 연구에서는 지진에 의한 구조물의 응답감소를 위해 강성변화가 가능한 MR 엘라스토머를 이용한 면진장치의 가능성을 살펴보았다. MR 엘라스토머는 상부 무게 재하 시 자체 변형에 의한 성능저하를 막기 위해 LRB 형태로 제작하였으며 삽입강판이 알루미늄과 철판인 두 경우를 고려하였다.

연구 결과 자기장의 세기에 따라 MR 엘라스토머의 강성변화가 이루어져 지진운동에 적응성이 뛰어난 면진장치가 가능함을 확인하였으며 이에 대한 후속연구가 진행 중에 있다.

후 기

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(No. 2010T100101085) 및 국토해양부에서 후원하는 U-City 석박사과정 지원사업에 의해 수행되었습니다.