

MR댐퍼를 이용한 엘리베이터 카의 종진동 저감장치의 성능해석

조성오*, 이현창**, 김일겸***, 박우철**

* 강원대학교 산업대학원 자동차공학과

** 강원대학교 기계자동차공학부

*** 강남필터(주)

wchpark@kangwon.ac.kr

Analysis of the device to reduce an vertical vibration of elevator car using MR damper

Seong-Oh Jo*, Hyun-Chang Lee**, Il-Gyoum Kim***, Woo-Cheul Park**

* Graduate School of Engineering Kangwon National University

** Faculty of Mech. & Vehicle Eng., Kangwon National University

*** Kangnam Filter Co. Ltd

요 약

본 연구에서는 엘리베이터 카로 전달되는 수직방향의 진동을 억제하기 위하여 MR댐퍼를 장착한 시스템을 제안하고 시스템의 지배방정식을 도출하였다. MR댐퍼에 공급되는 전류에 의하여 엘리베이터 시스템의 응답특성을 관찰하였다. MR댐퍼에 공급되는 전류의 세기가 증가할수록 MR댐퍼의 감쇠력이 증가하여 엘리베이터 시스템의 가속도가 빠르게 줄어드는 것을 확인하였다.

1. 서론

승강기는 대부분의 건물에 설치되어 승객의 이동 및 화물의 운송을 목적으로 하는 수직 교통수단이다. 종전에는 단순히 편리하고 안전한 이동의 기능을 목적으로 하였지만 최근에는 단순한 이동기능 이외의 기능에 관심이 증가하고 있다.

일반적인 엘리베이터는 구동장치에 의한 구동력으로 카와 균형추를 승강 구동시키기 위해 한쪽 끝은 카와 연결되고 다른 한쪽 끝은 균형추에 연결된 메인로프가 구비되고 메인로프는 구동장치에 설치된 권상 로프 풀리 및 이와 간격을 두고 설치된 풀리에 감아 걸어져 구동장치의 정역회전으로 메인 로프를 감고 풀어서 카를 승강로 내에서 승강 구동시킬 수 있도록 되어 있다[1],[2].

건물이 고층화됨에 따른 엘리베이터의 고속화가 요구되고 있으며 에너지 절약과 원가절감의 관점에서 엘리베이터의 구조를 경량화 하는 추세다. 이러한 엘리베이터의 고속화와 경량화에 따라, 엘리베

터가 운행될 때 진동의 증가로 인한 엘리베이터 승차감의 저하는 엘리베이터 고속화의 큰 저해 요인이 되고 있다. 지금까지의 엘리베이터의 진동 소음 문제의 해결은 경험에 의하여 엘리베이터의 구조변경, 로프를 연결해 주는 심블로드 스프링의 상수의 조정, 방진고무의 부착, 안내레일을 따라 움직이는 가이드 슈의 변경 등 많은 방법으로 이루어져 왔다. 이러한 방법은 오랜 경험을 축적한 전문가에 의존하여야만 하는 단점이 있다[3],[4],[5]

본 연구에서는 엘리베이터의 운행 시 엘리베이터 카로 전달되는 수직방향의 진동을 억제하기 위하여 심블로드 스프링과 함께 병렬로 연결된 MR댐퍼를 장착시킨 진동저감장치를 제안하고 엘리베이터 시스템의 동적지배방정식을 도출하였다. MR댐퍼에 인가하는 전류 세기의 변화에 따른 엘리베이터 시스템의 응답특성의 변화에 대하여 고찰하였다..

2. 엘리베이터 시스템의 모델링

Chi[6] 등에 의하면 수직방향의 진동에 대해서만 고려하고 로프의 질량을 무시할 수 있는 경우에는 호이스트 로프를 하나의 스프링 상수로 고려할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 호이스트 로프를 하나의 스프링 상수를 갖는 모델로 고려하였으며 엘리베이터의 진동을 저감시키기 위한 MR댐퍼가 장착된 엘리베이터 시스템을 Fig.1과 같이 단순한 모델로 대체될 수 있다. 그림에 나타난 바와 같이 호이스트 스프링과 각 질량들의 운동에너지를 조절하기 위한 MR댐퍼를 호이스트 스프링과 병렬로 배치하였다.

MR댐퍼가 적용된 엘리베이터 시스템의 지배하는 방정식은 다음과 같다.

$$m_h \ddot{y}_h + c(\dot{y}_h - \dot{y}_f) - k_r - F_{mr} = F \quad (1)$$

$$m_f \ddot{y}_f + c(\dot{y}_f - \dot{y}_h) + k_h (y_h - y_f) + F_{mr} = 0$$

여기서 F 는 호이스트 로프를 통하여 엘리베이터 시스템에 전달되는 외부 가진을 나타내며, F_{mr} 은 전류 인가에 의하여 MR댐퍼로 발생하는 감쇠력을 나타낸다.

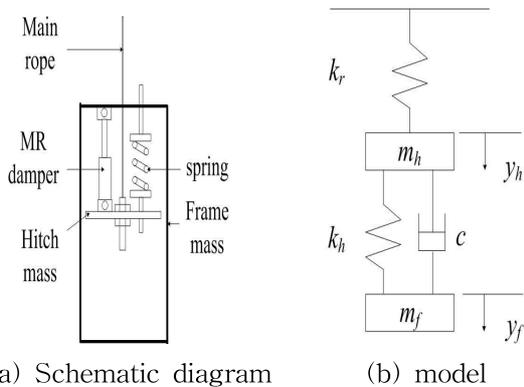


Fig. 1 Proposed elevator system featuring MR damper modeling

3. 실험장치 및 실험방법

3.1 실험 장치의 제작

엘리베이터 시스템의 동특성을 파악하기 위한 실험방법에는 자유낙하에 의한 방법과 충격 햄머에 의한 방법이 일반적으로 사용된다. 실제 엘리베이터 시스템과 같이 시스템 상부에 권상용 모터를 설치하여 운전하기에는 설치공간 등의 제약 때문에 본 연구에서는 자유낙하에 의한 방법으로 실험하였다.

엘리베이터 시스템을 지지하기 위한 구조물은 제

작의 편이성을 고려하여 알루미늄 프로파일로 제작하였다. 호이스트 로프의 한쪽 끝은 히치 질량에 고정하였으며, 로프의 다른 끝 쪽은 프레임에 고정하였다. 엘리베이터 카에 수직운동만이 발생할 수 있도록 운전 가이드를 설치하였으며, 가이드와 프레임 사이에서 마찰의 발생을 가능한 한 억제하기 위하여 리니어 볼 베어링을 사용하였다. 실험에 사용된 MR댐퍼는 Load사의 마찰 댐퍼(friction damper, RD-1097-01)를 사용하였다.

히치 질량과 카 프레임의 동적 거동을 살펴보기 위하여 각각의 질량에 가속도 센서를 부착하였다. MR엔진마운트의 솔레노이드에 자기장을 인가하기 위한 전류 증폭기를 사용하였다. 또한 가속도 센서로부터의 신호를 측정하기 위하여 동적신호분석기를 통하여 신호변환을 거쳐 컴퓨터 기억장치에 저장하였다.

3.2 실험 방법

엘리베이터의 프레임이 자유낙하였을 때 발생하는 히치 질량과 카 프레임 질량에서 발생하는 가속도의 변화를 관찰하여 MR댐퍼의 적용 가능성에 대하여 살펴보았다. MR댐퍼의 특성이 엘리베이터 시스템에 미치는 영향을 고찰하기 위하여 MR댐퍼에 전류를 인가하지 않은 경우와 0.45A, 0.64A의 전류를 인가한 경우로 구별하여 실험을 하였다.

4. 결과 및 고찰

Fig. 2는 MR댐퍼에 인가하는 전류의 세기를 변화시켰을 경우의 카 프레임의 가속도 변화를 나타낸 것이다. 전기장을 공급하지 않은 Fig. 2(a)경우에 매우 빠른 주기를 갖는 채터링과 같은 현상이 나타나는데 이는 프레임의 수직운동을 보완하기 위해 적용한 볼 베어링에서 발생한 진동인 것으로 생각된다.

Fig. 2에 나타난 바와 같이 MR댐퍼에 전류를 공급함에 따라 카 프레임의 거동이 달라짐을 확인할 수 있다. MR댐퍼에 전류를 공급함에 따라 Fig. 2(a)의 전류를 인가하지 않은 경우에 비하여 가속도의 변화가 짧은 시간에 사라지는 것을 확인할 수 있으며, 공급하는 전류의 세기가 증가함에 따라 수렴하는 시간이 더 짧게 나타나고 있다. 그러나 충격이 가해지는 초기에는 매우 큰 가속도 값을 나타내는데 이는 전류를 MR댐퍼에 공급한 상태에서 자유 낙하를 시켰기 때문이다. 시스템의 상황에 따라 공급하는 전류를 제어한다면 매우 효과적으로 카 프레임의 가속도 변화를 조절할 수 있을 것으로 생각되며, 엘

리베이터의 승차감 또한 개선될 수 있을 것으로 생각된다.

을 확인하였다. 향후 실제의 엘리베이터 거동과 유사한 모델을 만들기 위하여 호이스트 로프의 횡방향 진동을 고려한 지배방정식에 대한 연구를 수행할 계획이다.

참고문헌

[1] Masatsugu OTSUKI, Kazuo YOSHIDA, Kosoku NAGATA, Hiroyuki KIMURA and Toshiaki NAKAGANA, "Vibration Control for rope-sway of Elevator of High-Rise Building(Application of Nonstationary Optimal Control to time-Varying Flexible System)", *JSME C*, Vol.68, No.676, p.131~138, 2002,

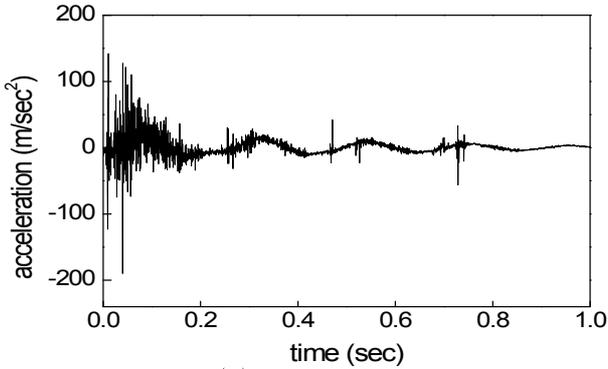
[2] Yoshiaki YAMAZAKI, Masao TOMISAWA, Hiroki ITAKURA and Kazuo TOKUI, "Developing a Device for Measuring the tension of Elevators", *JSAME C*, Vol. 63, No. 612, p. 111~116, 1997

[3] Tapio Tyni, Jari Ylien, "Evolutionary bi-objective optimasation in the elevator car routing problem", *European Journal of Operational research*, Vol.169, pp.960~977, 2006

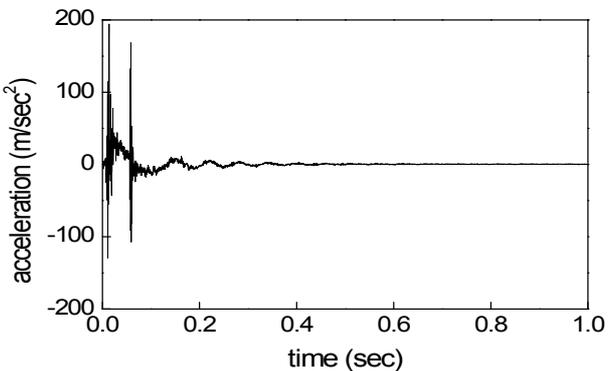
[4] W.D.Zhu, L.J. Teppo, "Design and analysis of a scaled model of a high-rise, high-speed elevator", *Journal of Sound and Vibration*", Vol. 264, pp.707~731, 2003

[5] Saligrama. R. Venkatesn, Young Man Cho, Jongwon Kim, "Robust control of vertical motions in ultra-high rise elevators", *Control Engineering Practice*, Vol.10, pp.121~132, 2002

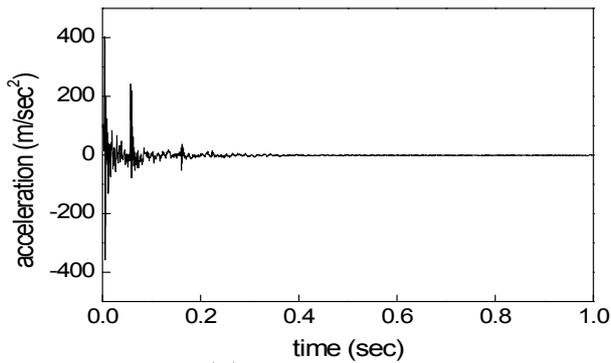
[6] R. M. CHI AND H. T. SHU, "Longitudinal Vibration Of A Hoist Rope Cupled With The Vertical Vibration Of An Elevator Car", *Journal of Sound and Vibration*, pp154~157, 1990



(a) non applied



(a) 0.45A applied



(b) 0.64A applied

Fig. 2 Time response of acceleration of the car frame

6. 결 론

본 논문에서는 카로 전달되는 진동을 절연 시키고 자 엘리베이터 시스템에 MR댐퍼를 적용한 시스템을 제안하고 제안된 시스템의 지배방정식을 도출하였다. 엘리베이터 카를 자유낙하 시킬 때 MR댐퍼에 전류의 인가를 non, 0.45A, 0.64A로 변화시키면서 카 프레임과 히치 질량의 가속도 변화를 살펴본 결과, 전류를 인가하였을 경우와 전류를 인가하지 않았을 때, 전류의 세기가 커짐에 따라 MR댐퍼의 댐핑력에 의해 가속도의 변화가 크게 줄어드는 것