

# 엘리베이터 로프-건물 연성진동 실험장치 개발

## Development of Experimental Setup for Coupled Vibration of Elevator Rope-Building

양동호\* · 객문규†  
Dong-Ho Yang and Moon K. Kwak

### 1. 서 론

뉴욕 맨해튼 록펠러 센터, 상하이의 진마오 타워, 도쿄의 스카이트리, 아랍에미레이트의 버즈두바이등은 그 도시를 대표하는 초고층 빌딩이다. 이러한 초고층 빌딩들은 도시의 랜드마크로 자리 잡아 도시의 위상과 경쟁력을 높이는 매개체 역할을 하고 있다. 현재 초고층 빌딩으로 기록되고 있는 타이페이 101 타워의 경우에는 2004 년 준공 이후 약 300 만명이 다녀갔을 정도로 관광 명소가 되었다. 이와 같은 문제로 현재 한국을 비롯하여 전 세계적으로 활발히 진행 중이거나 이미 완공된 초고층 빌딩 프로젝트들에 국내의 기업들이 활발히 참여하고 있다. 현재 국내에서는 Super Tower 가 112 층, 524m 의 초고층 랜드마크 빌딩 건축이 진행되고 있고, 이 건물은 여의도 Park 1-Tower(68 층, 338m)보다 높다. 이에 따라 국내외의 엘리베이터 업체들은 초고층화에 따른 엘리베이터의 효율적인 운행, 관리, 승차감, 안전 기술, 수송 방법등에 관한 많은 신기술들을 연구 개발하고 있으며 동시에 랜드마크로서의 상징성을 고려한 고급화도 추진하고 있다. 이와 같이 엘리베이터를 다루고 있는 엔지니어는 여러 형태의 진동 문제에 직면하게 된다. 엘리베이터 진동은 다양한 원인으로부터 발생하는데, 가이드 레일(Guide Rail)의 정렬 오류, 풀리(Pulley)와 시브(Sheave)의 편심, 전자 제어 시스템의 공진, 기어와 모터가 유발한 진동, 엘리베이터 로프의 진동 등을 원인으로 들 수 있다. 특히, 엘리베이터 로프의 진동으로 인해 승차감이 저하되는 것이 보고되었는데, 엘리베이터 주황

중 특정 위치, 대부분 상층부에서 급격한 진동이 일어난다고 알려져 있다. 사실상 엘리베이터 로프의 진동은 로프 자체의 구조적인 변경이 어려워 저감시키기가 매우 어려운 문제이다. 로프 자체가 매우 유연한 구조물이고, 내부 감쇠 또한 매우 작기 때문에 엘리베이터 로프의 진동이 쉽게 발생할 수 있고 오래 지속되기 때문이다. 엘리베이터 로프의 진동은 주 로프(Main Rope)나 보상 로프(Compensation Rope)의 진동으로 구분할 수 있다. Kimura 교수는 초고층 빌딩에 설치된 엘리베이터에는 건물의 고유진동수가 낮기 때문에 강풍이나 지진에 의해 건물이 흔들리게 된다고 발표하였다. 이 경우에 건물과 로프와의 공진에 의해 로프가 크게 흔들려, 승강기 내 기기가 충돌이나 걸릴 가능성이 있다고 하고 있다. 실제로 일본의 니이타현 츠에즈 지진 때는 진원지에서 약 200km 떨어진 도쿄에서도 긴 주기의 진동으로 초고층 빌딩 및 빌딩 내에 설치된 엘리베이터 로프의 흔들림이 커져 승강로 내 기기가 걸리는 피해가 발생하였다고 보고하고 있다. 이전 연구에서는 엘리베이터 로프와 건물의 연성 진동 모델링 방법을 연구하고 지반가진이 일어날 경우 엘리베이터 로프와 건물의 진동 응답을 수치모델을 이용해 계산하는 연구를 수행하였다. 본 연구에서는 수치모델의 타당성을 입증하기 위해서 소형 시뮬레이터를 제작하였다. 소형 시뮬레이터를 이용해 건물 및 로프의 응답특성을 실험적으로 조사하였다.

### 2. 엘리베이터 로프-건물 연성 시뮬레이터

Fig.1은 엘리베이터 로프와 건물의 동적 응답 특성 실험을 수행하기 위한 소형 시뮬레이터를 보여 주고 있다. 건물의 지반을 가진하기 위해서 Linear Motor와 PID제어를 사용하였다. 또한 엘리베이터의 케이지의 이동을 위해서 DC Motor와

† 교신저자; 동국대학교 기계로봇에너지공학과

E-mail : kwakm@dgu.edu

Tel : (02) 2260 - 3705

\* 동국대학교 기계공학과

Encoder신호를 이용하여 PID 제어를 수행하였다.

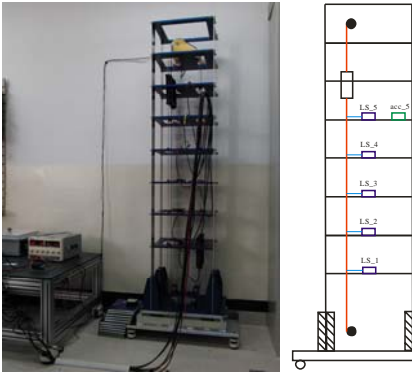


Fig.1 Experimental Set-up for Small-Scale Simulator

소형 시뮬레이터의 베이스의 변위 신호를 계측하기 위해 Micro Epsilon 사의 ILD-2220-20 모델의 레이저 센서를 사용하였다. 또한 건물의 진동은 ENDEVCO 사의 500mv/g 가속도계를 이용하여 계측하고, 각층의 로프에 대한 변위는 MEL 사의 M3 모델의 레이저 센서를 이용하여 계측하였다. M3 모델은 출력이 전류로 나오기 때문에 본 연구에서는 전류를 전압으로 바꾸어 주는 회로를 사용하여 계측하였다.

### 3. 실험 결과

Fig.2 는 컴펜 로프의 길이에 따른 고유진동수의 변화를 보여주고 있다.

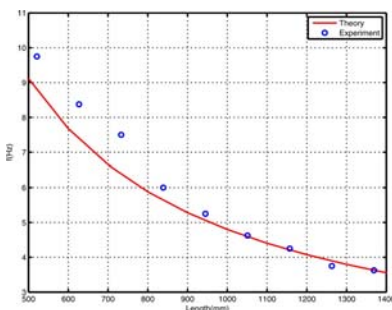


Fig.2 Rope Natural Frequency Versus Rope Length

파란색 점은 실험결과를 보여주고 있고, 빨간색 실선은 이론 결과를 보여주고 있다. Fig.2로부터 본 연구에서 제안한 로프진동모델을 이용한 로프 기본 진동수가 실험결과와 유사함을 확인 할 수 있다.

Fig.3 은 소형 시뮬레이터를 건물의 1 차 고유진동수인 2.6Hz 로 가진하였을 경우에 Base 의 변위를 보여주고 있다. Fig.3 과 같이 건물의 기반을 강제 진동 할 경우 컴펜 로프의 변위는 Fig.4 와 같다. Fig.4 에서 보는 바와 같이 건물이 1 차 고유진동수로 가진 될 경우 컴펜 로프도 같이 진동한다는 것을 알 수 있다.

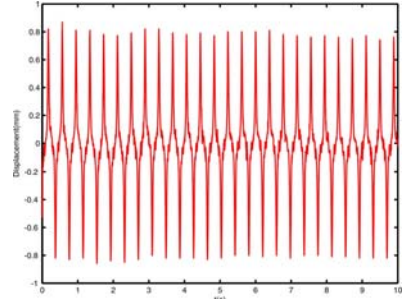


Fig.3 Time History of Base Displacement

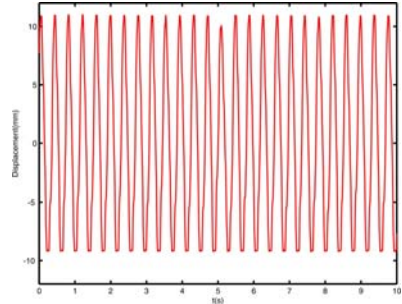


Fig.4 Rope Displacement measured of 3<sup>rd</sup> Floor

### 결 론

본 연구에서는 소형 시뮬레이터를 이용해 엘리베이터-로프와 건물간의 연성 진동을 실험적으로 조사하였다. 제작 된 소형 시뮬레이터를 이용하여 길이가 변하는 것에 따른 로프의 고유 진동수의 이론값과 실험값을 비교하였다. 비교 결과 이론결과와 실험결과가 유사함을 확인 하였다. 또한 소형 시뮬레이터의 기반을 가진하고 컴펜 로프의 동적 응답을 계측하였다. 계측결과는 건물과 로프의 연성진동이 발생함을 보여준다. 차후에 소형 시뮬레이터로부터 계측된 동적 응답 결과와 이론 결과를 비교할 예정이다.

### 후 기

본 연구는 (주)현대엘리베이터에서 지원한 과제로 수행되었습니다.