한국소음진동공학회 2003년도 춘계학술대회논문집, pp.938~943.

공동주택 엘리베이터 운행시 발생하는 진동·소음 특성에 관한 연구

A Study on the Characteristics of Vibration and Noise to be occurred to operating Elevator in Apartment

배동명* · 신창혁** · 김도군***

Dong-Myung Bae, Chang-Hyuk Shin and Do-Koon Kim

Key Words : Elevator of Apartment(공동주택승강기), Vibration(진동), Noise(소음), Machine room(기계실), Cage(케이지)

ABSTRACT

In accordance with the tendance to construct high-rise apartment buildings, the elevators tend to high speed up and to the drive more frequently. So, the problem of vibration and noise produced by the operating elevator has been treated as an important subject all the more.

In this research, the actual levels of vibration and noise which generated and transmitted by the elevator operation in apartment buildings were measured and these characteristics were analysed to examine the countermeasures to be able to reduce the these vibration and noise level, and to design the several vibration and noise control.

1. 서 론

최근 건물이 고층화됨에 따라 엘리베이터의 고속화에 대한 필요성이 증대되고, 이와 아울러 안전성과 정숙한 승차감에 대한 요구도 날로 증가하고 있는 실정이다. 대표적인 주거용 빌딩인 아파트 또한 고층화가 급속하게 진행되고 있고 아파트에 설치되는 엘리베이터도 점차 대형화, 고속화되고 있다. 이렇게 인류의 편의를 위해 엘리베이터 시스템이 날로 발전함에 따라 필연적으로 진동 및 소음 문제도 크게 대두되고 있다.

얼마 전 고층아파트가 보급 될 초기에는 아파트에 엘리베이터가 설치되는 자체만으로 충분한 장점이 되어 다소의 진동·소음문제는 큰 불만거리가 되지 않았지만 엘리베이터가 보편화된 지금에는 엘리베이터의 편리성만으로는 점증하는 정숙성의 요구에 보상이 되지 않을 뿐만 아니라 큰 불만의 소재가 되고 있는 실정이다. 이렇듯 엘리베이터의 용량과 운행속도가 증가로 인하여 발생되는 진동·소음 문제에 대하여 체계적인 연구가 필요하다.

본 연구에서는 엘리베이터의 진동·소음의 발생원인을 계측·분석하여, 진동 및 소음 저감 대책의 일환으로 엘리베이터 케이지의 진동·소음 특성에 관하여 검토해 보았다.

* 부경대학교 조선해양시스템공학과 교수
E-mail : dmbae@pknu.ac.kr
Tel : (051)620-6484, Fax : (051)620-6484
** 부경대학교 조선해양시스템공학과 박사과정
*** 부경대학교 조선해양시스템공학과 석사과정

2. 엘리베이터 시스템의 진동·소음의 발생원인 및 전파기구

2.1 엘리베이터의 기본 구조

아파트에는 주로 로프식 승용 승강기가 설치되며 그 기본 구조는 Fig. 2.1에 보인 바와 같이 권상기(traction machine), 케이지(cage), 균형추(counterweight), 제어반(control box), 그리고 조속기(governor)로 구성된다.

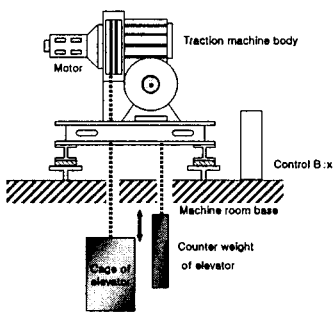


Fig. 2.1 Elevator system

2.2 엘리베이터의 진동 · 소음 발생 원인

엘리베이터 운행시 발생하는 진동 및 소음 원인으로는 다음 사항을 들 수 있다.

1) 기계실

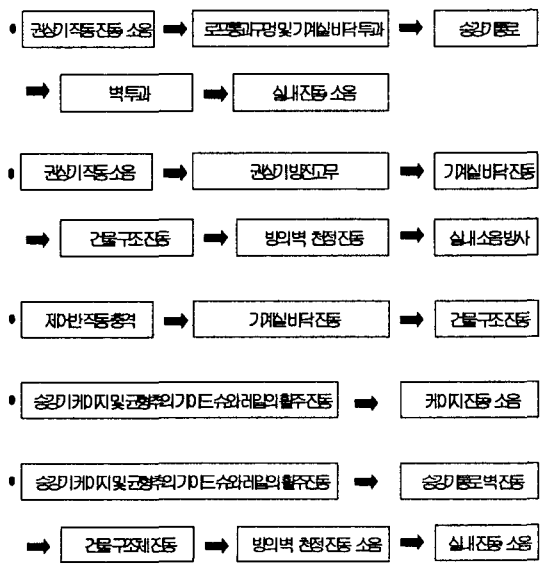
· 권상기 모타
  - 고조파(高調波) 자기 진동 · 소음
  - 냉각 Fan작동에 의한 진동 · 소음
· 권상기 감속장치
  - 감속기와 케이지의 불균형에 의한 진동 · 소음
  - 감속기 워엄기어의 작동에 의한 진동 · 소음
· 제어반 : 단자 착탈에 의한 진동 및 소음
· 권상기 브레이크: 브레이크 작동소음
· 도르래 : 도르래 회전에 의한 진동 · 소음

2) 승강로

· 출입문 : 케이지 도어작동에 의한 진동 및 개폐음
· 가이드 시스템
  - 가이드 슈(롤러)와 가이드레일 이음부 통과시 진동 · 소음
  - 가이드 슈의 조립상태에 의한 진동 · 소음
· 주로프 : 주로프 장력 불균등에 의한 진동 · 소음
· 기타
  - 케이지 승강에 의한 진동 · 소음
  - 가이드레일 정렬 불량에 의한 진동 · 소음

2.3 엘리베이터의 진동 · 소음 전파기구

상기원인에 의하여 발생한 진동 및 소음은 주로 다음과 같은 경로를 통하여 엘리베이터 케이지 및 거주구 실내로 전달되어 문제를 야기한다.



3. 진동응답 및 계측결과

3.1 측정대상 제원

승강기 운행에 의해 발생되는 진동 · 소음을 측정하기 위한 대상 승강기의 제원은 Table 3.1 과 같다.

Table 3.1 Properties of elevator system

구 분	비 고
권상기 중량(motor)포함	925 kg
케이지 중량	1260 kg
균형추 중량	1760 kg
승객(capacity)	15인승 (1000kg)
운행속도	105m/min
Motor 회전수	960(rpm)
제어방식	인버터제어
케이지 내부 규격	1600×1500×2100 (mm)

3.2 진동 응답 특성

1) 기계실 진동 응답

본 연구의 계측 대상의 승강기 시스템의 기계실 구조는 Fig.3.1과 같이 2중 H-beam사이에 2중 방진패드가 설치된 구조 위에 권상기 시스템이 설치되어 있어 권상기 작동으로 야기되는 진동이 건물로 전달되는 고체전달음이 최소화 되도록 설계되어 있다.

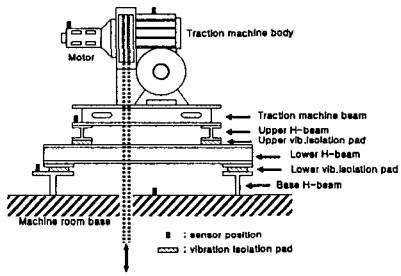


Fig.3.1 Sub-structure and measuring point of the traction machine

권상기가 정상 작동되는 상황 하에서 주파수 분석기를 이용하여, 모타, 권상기, 상부방진패드 위쪽, 하부방진패드 위쪽 그리고 슬래브 바닥의 각 계측지점 진동 응답을 400Hz 범위까지 가속도 단위로 계측하였다. 다음은 기계실의 각 계측 지점에서 발생한 주파수 응답은 Fig.3.2~3.6에서 보이고 있다.

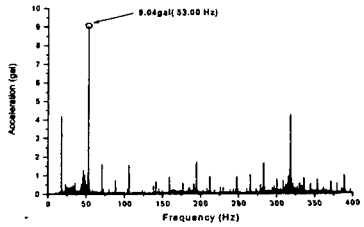


Fig.3.2 Frequency response of traction machine motor

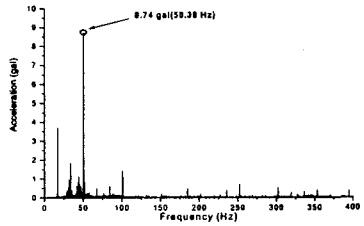


Fig.3.3 Frequency response of traction machine body

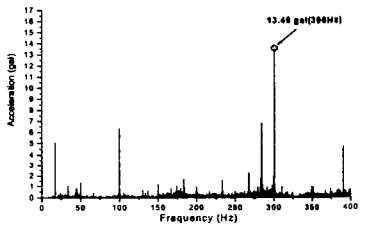


Fig.3.4 Frequency response of the upper-isolation pad

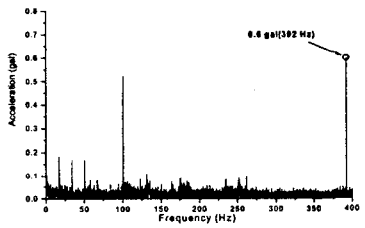


Fig3.5 Frequency response of lower-isolation pad

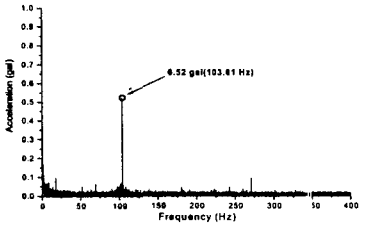


Fig.3.6 Frequency response of machine room base

2) 케이지 내부 진동 응답

계측조건은 권상기가 정상 작동되는 상황에서 승강기가 상승할 때와 하강할 때를 나누어서, 승강기 케이지 바닥(수직방향) 및 케이지 벽(전후 및 좌우방향)에 가속도 센서를 부착하고, 400Hz 범위까지의 진동을 계측하였다. 운행 중 케이지 내부의 발생되는 최대 가속도 응답(시간이력)과 주파수 응답은 Fig.3.7~3.10에서 나타내고 있다.

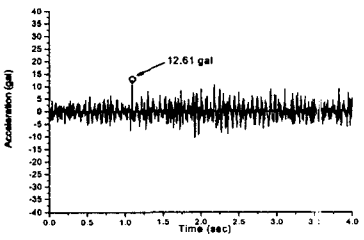


Fig.3.7 Time history of vertical vibration in cage(up-dir.)

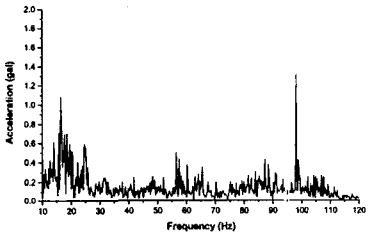


Fig3.8 Frequency response of vertical vibration in cage(up-dir.)

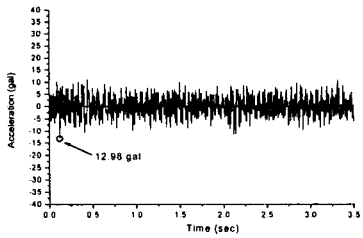


Fig.3.9 Time history of vertical vibration in cage(down-dir.)

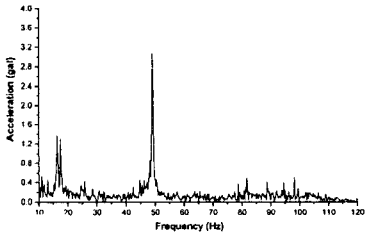


Fig.3.10 Frequency response of vertical vibration in cage(down-dir.)

3.3 소음 응답 특성

기계실 및 케이지 내부에서의 소음계측 조건은 기계실인 경우 권상기가 정상적인 작동 하에서 1m거리에 마이크로폰(Microphone)을 설치하여 계측하였으며 케이지는 운행 시 케이지 바닥 중심부에서 계측하였으며 1/3 옥타브 밴드로 음압레벨을 계측하였고, A-weighting으로 보정하였다. 각 계측지점에서의 음압레벨곡선은 Fig. 3.11~3.14에서 보여진다.

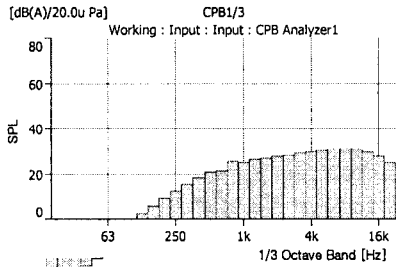


Fig.3.11 Background noise of the machine room

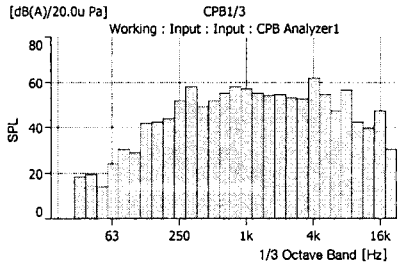


Fig.3.12 Noise of the machine room

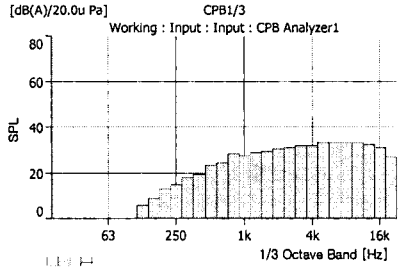


Fig.3.13 Background noise of cage

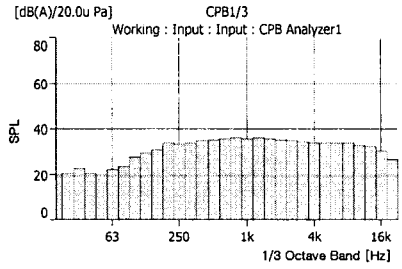


Fig.3.14 Noise of cage

3.4 계측 결과

운행 중 기계실과 케이지에서 계측한 결과는 다음과 같다.

1) 기계실 계측 결과

권상기가 정상적으로 작동한 경우 기계실의 진동수준은 각각 계측지점에서의 실시간 최대가속도는 Table 3.2에서 보이듯이 방진패드상부에서 최대 피크(peak)값이 나타나며 케이지가 상승 할 때와 하강할 때 다소 차이를 보이고 있다.

전체적으로 기계실의 탁월주파수 대역은 18Hz, 34Hz, 50Hz, 100Hz 대역이며 권상기모타, 본체, 상부방진패드 위쪽에서는 주로 18Hz, 34Hz, 50Hz 대역에 피크값을 보이고 있으며 하부방진패드 상부와 슬래브 바닥에서는 100Hz 대역에서 피크값이 나타나고 있다. 이는 권상기에서 발생하는 공진주파수 대역이 저주파 영역에서 고주파 영역으로 이동

하는 것으로 이중방진패드의 효과를 보여주고 있다.

Table 3.2 Max. acceleration value of machine room (RMS) (frequency-domain)

unit:gal

계측지점 / 계측조건	권상기 모타	권상기 본체	방진패드 상부	방진패드 하부	슬래브 바닥
상승	9.04	8.74	13.49	0.60	0.52
하강	13.00	12.70	17.30	0.63	0.53

2) 케이지 계측 결과

엘리베이터 운행 중 발생하는 케이지의 전체 진동 특성은 운행 중에 불규칙한 응답이 나타나며 Table 3.3과 같이 전후방향의 진동수준이 수직·좌우 방향의 진동수준에 비해 다소 큰 경향을 보이고 있다. 수직방향의 진동 응답 특성은 탁월주파수 대역은 17Hz, 50Hz, 98Hz 대역이다. 전후방향의 진동 응답 특성은 수직진동에 비해 다소 크게 나타나고 있으며 탁월주파수 대역은 13Hz, 17Hz, 24Hz, 34Hz 대역이다. 좌우방향의 진동 응답 특성은 전후방향에 비해 다소 적게 나타나며 탁월주파수 대역은 20Hz, 37Hz 대역에서 발생된다.

Table 3.3 Max. acceleration value of in elevator cage (time-domain)

units:gal

	상 승	하 강
수직방향	12.61	12.98
전후방향	16.19	15.77
좌우방향	13.91	13.70

3) 소음 계측 결과

기계실과 케이지 내부의 전체적 소음특성은 Table 3.4에서 나타내며 케이지가 상승·하강 할 때 기계실의 소음은 거의 같은 값을 보이지만 케이지의 소음은 하강시 소음이 다소 높게 나타나고 있다.

Table3.4 Noise level

units : dB(A)

	상 승	하 강	암소음
기계실	61.57	61.16	30.62
케이지	35.90	45.68	33.17

권상기 모터가 정상적으로 작동할 때 발생하는 운행 중에 기계실의 소음수준은 61dB(A)이며 암소음은 31dB(A)이다. 탁월주파수는 315Hz, 800Hz, 4kHz대역에서 나타나고 있다. 케이지의 소음은 케이지가 상승할때 피크값은 36dB(A)이며 하강시 46dB(A)로써 다소 차이가 나고 있으며 탁월주파수 대역은 315Hz, 500Hz, 630Hz 대역에서 나타나고 있다. Fig. 3.15는 기계실소음과 케이지 소음 정도를 나타내고 있다.

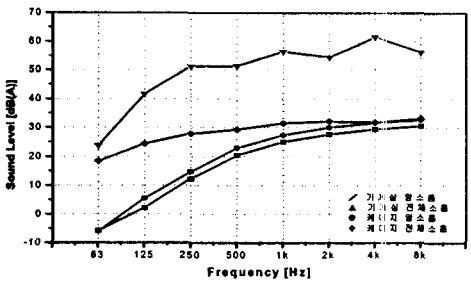


Fig. 3.15 Noise of the machine room and elevator cage

4. 결 론

본 연구에서는 엘리베이터 운행시 발생하는 진동·소음의 특성에 관해서 고찰한 결과는 다음과 같다.

1. 기계실의 진동특성

기계실의 진동특성은 주로 권상기모터의 회전수의 영향을 받으며 2중방진패드 효과로 인해 기계실 바닥의 진동이 상당히 저감된 것을 볼 수 있다.

2. 케이지의 진동특성

· 케이지의 수직진동특성은 권상기 모터의 진동성분과 유사한 경향을 보이는데 이는 권상기에서 발생한 진동이 케이블을 통해서 케이지에 영향을 주는 것으로 판단된다.

· 케이지의 수평진동(좌우/전후)특성은 수직진동과 다소 차이를 보이며 주로 가이드레일의 굴곡이나, 롤러레일의 이음부 통과시 발생하는 진동으로 판단된다.

3. 소음특성

기계실 소음성분은 주로 권상기 모터에서 발생하는 회전음과 제어반에서 발생하는 콘텍터 등의 작동음이 그 원인이 되며 케이지의 소음은 레일의 굴곡에 의한 불규칙소음과 균형체인에 의한 소음이 주원인으로 판단된다.

4. 향 후 과 제

· 주로 인간은 수직방향의 진동성분보다는 수평방향의 진동성분에 의해 쉽게 피로하므로 케이지 운행 시 발생하는 수평방향의 진동을 줄이는 진동 제어시스템 개발이 필요

· 엘리베이터 케이블에 의해 전달되는 진동 특성을 파악하여 케이지 최적화설계의 기반을 구축하고자 한다.

참 고 문 헌

[1] 한국소음 진동공학회,"소음 · 진동 편람", 한국소음진동공학회,1995.

[2] 정일록 등 "최신 소음 · 진동", 신광문화사, 2001

[3] C.M.Harris, "Handbook of Noise Control",1979.

[4] 배동명, "Elevator 추락시 충격하중의 동특성과 케이지의 모드해석", 승강기공학회, 추계학술대회 논문집,2002.11

[5] 배동명, "기기장치의 진동계측 및 분석에 관한 보고서",1999.7.25.

[6] Daniel J. Inman "Engineering Vibration", 반도출판사,1995.7