

# 建築物 Elevator의 防振을 위한 振動特性 分析

The vibration quality analysis for the vibration prevention of the building elevator

전 의 식\*      조 병 후\*\*  
Jeon, Euy-Sik    Cho, Byoung-Hoo

## Abstract

The interest about noise and vibration which occurs in buildings is increasing by a living level elevation recently. Particularly, the vibration which occurs from the elevator cage of the building is possibility of damage to the users of the building continuously. So, the purpose of this study is a place where it examines closely the vibrating unit of the elevator and propose the countermeasure of it.

키워드 : 엘리베이터, 진동방지, 진동특성

Keywords : elevator, vibration prevention, vibration quality

## 1. 서 론

최근 생활수준 향상으로 환경에 대한 인식이 높아지면서 건축물에서 발생하는 소음·진동에 대한 관심이 고조되고 있다.

특히, 건축물 엘리베이터의 경우에는 생활 소음·진동과는 달리 운행시마다 고정적으로 발생하는 소음·진동이 사용자의 인체에 직접적인 피해를 줄 뿐 아니라, 늦은 시간이나 새벽에는 인접한 생활공간의 거주자에게 상당한 피해를 줄 수가 있다.

이에 기존의 연구에서는, 기존 건축물에 설치되어 있는 엘리베이터를 대상으로, 운행 중 엘리베이터 케이지(cage)에서 발생하는 진동을 측정 후 분석하였다.<sup>1)</sup>

본 연구에서는 엘리베이터 케이지에서 발생하는 진동의 진동원을 분석함으로써 진동 피해방지를 위한 대책을 제시하는데 본 연구의 목적이 있다.

## 2. 엘리베이터 케이지의 진동특성

### 2.1 운행 중의 진동

엘리베이터 운행 중 케이지(cage)의 진동은, X, Y축의 경우에는 출발 후부터 저주파인 2~3 Hz에서 피크가 나타나고 운행하면서 점점 증가하며, Z축의 경우에는 출발 후부터는 저주파에서 피크가 나타나지만 운행하면서 20 Hz에서 피크가 나타났다.

\* 국립 공주대학교 기계자동차공학부 교수, 공학박사

\*\* 국립 공주대학교 건축학부 교수, 공학박사

또한, 엘리베이터 케이지 옆면의 경우에는 7~8 Hz에서 피크가 나타났다.<sup>1)</sup> (그림1, 2 참조)

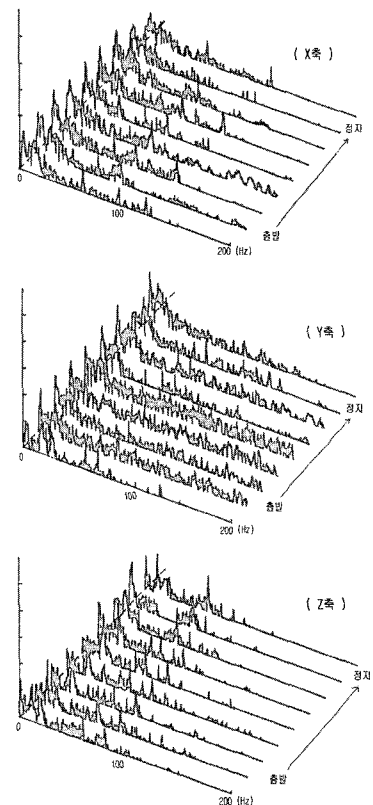


그림1. 운행 중 시간에 따른 주파수 특성

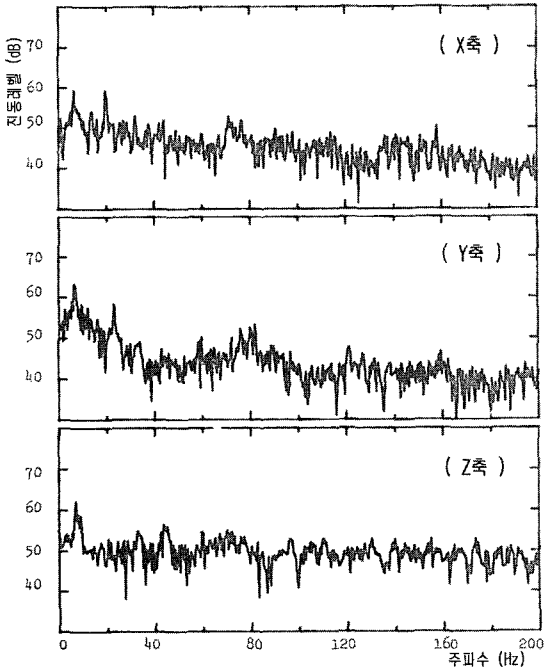


그림2. 운행 중 케이지 옆면의 진동 특성

### 2.2 충격진동

엘리베이터 케이지(cage) 바닥의 진동특성 및 분포를 알기 위한 충격진동 측정결과, 방진고무가 충분한 역할을 하지 못하기 때문에 중심주파수 100 Hz에서 진동의 중심이 편심 되어 있는 것으로 나타났다. <sup>1)</sup> (그림3, 4 참조)

### 2.3 속도변화에 따른 진동

엘리베이터의 운행 중 케이지의 속도 변화에 따른 진동 측정결과, X, Y, Z축의 진동은 진동원인 모터의 회전수와 엘리베이터 케이지의 진동특성이 서로 관련되어 발생하는 공진현상으로 인해, 전반적으로 180 m/min 부근에서 가장 큰 것으로 나타났다. <sup>1)</sup> (그림5 참조)

## 3. 엘리베이터의 부위별 진동측정

엘리베이터가 운행될 때 진동의 전달 순서를 보면, 모터의 진동이 기계대의 쉬브(sheave)로 전달되고, 쉬브의 진동은 로우프를 타고 케이지(cage) 상단의 쉬브로 전달된다. 또한 케이지 상단 쉬브의 진동은 케이지 프레임(cage frame)을 진동시키고, 케이지 프레임의 진동은 방진고무를 통해 케이지 바닥을 진동시킨다.

이러한 진동의 전달 형태를 생각해 볼 때, 엘리베이터의 방진을 위해서는 운행 중 각 부위별 진동특성과 진동의 전달형태를 분석해야 한다.

본 연구에서는 기존 업무용 건축물에 설치되어 있는 엘리베이터들을 대상으로 3축 방향 진동계로 진동을 측정하여 기록계(recoder)에 수록하고, 주파수 분석기(FFT analyzer)를 이용하여 데이터화한 후 컴퓨터를 이용하여 데이터를 분석 처리하였다.

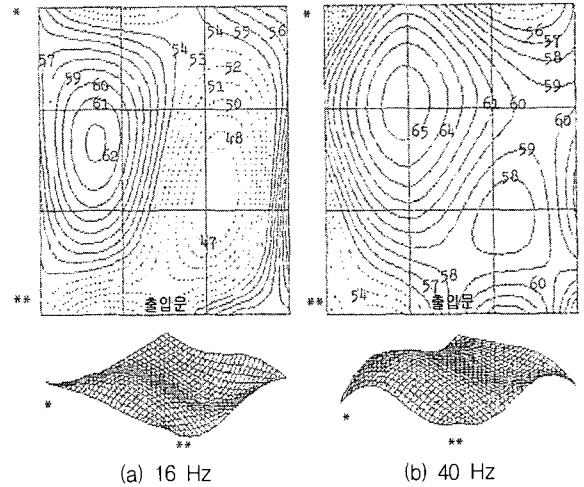


그림3. 충격진동의 contour (1/3 octave)

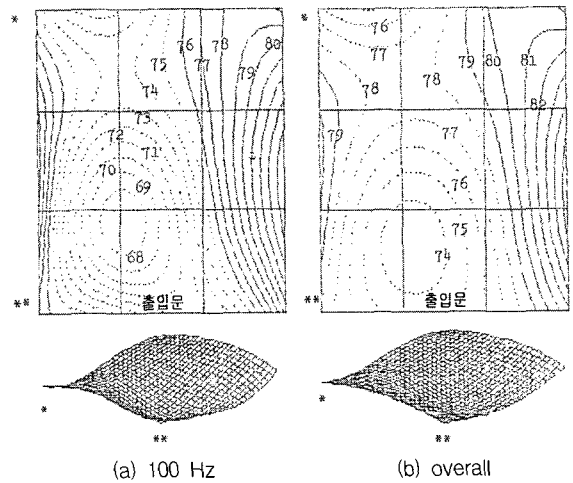


그림4. 충격진동의 contour (1/3 octave)

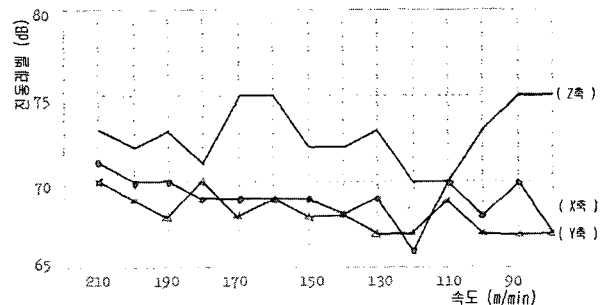


그림5. 속도변화에 따른 진동레벨

### 3.1 기계실의 진동

기계실에서의 진동을 파악하고 엘리베이터에 미치는 진동의 특성을 파악하기 위해 기계실의 모터 부위 및 빔(beam)과 바닥(slab)에 3축 방향 진동계를 설치하고 X, Y, Z 축의 진동을 엘리베이터가 운행될 때 측정하였다. 진동의 측정지점 및 측정방향은 그림 6과 같다.

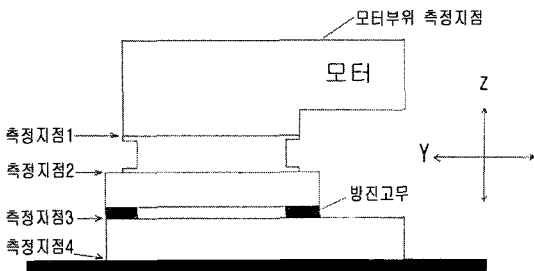
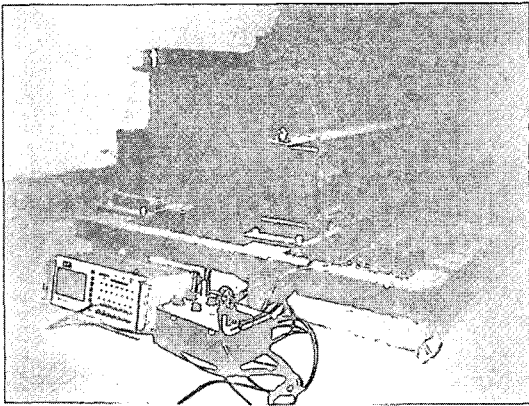


그림6. 기계실의 측정위치 및 측정방향

### 3.2 스프링 진동

케이지(cage)가 기동하거나 정지할 때 발생하는 충격을 절연시키기 위해서는 와이어 로우프(wire rope) 끝단에 스프링을 연결하여 사용한다. 이러한 스프링이 충격 절연용으로써 충분히 자신의 역할을 하고 있는지의 여부를 알기 위해서는 먼저 스프링의 자체 특성을 파악해야 하며, 그 스프링에 영향을 미칠 수 있는 각각의 시스템 특성을 파악해 이 두 가지 특성 사이의 연관성을 찾아야 한다. 그러나 와이어 로우프나 케이지, 모터 등 각각의 주파수 특성, 시스템이 두개, 세 개 또는 그 이상으로 조합되었을 때의 주파수 특성, 스프링의 자체의 고유특성, 그리고 조합된 계에 스프링이 추가되었을 때의 주파수 특성을 비교, 분석하여 스프링의 적격 여부를 판정하기란 극히 어렵다. 따라서 본 실험은 스프링 단품에 대해 모드(mode) 해석법을 이용해 고유주파수 성분과 해당 주파수에서의 진동 형태를 알아보려고 한다.

본 실험에서는 스프링에 충격 가진을 하여 얻어진 가속도 신호를 주파수 변환한 다음 전달함수 및 전달함수의 허수부를 이용하여 주목하는 각 고유진동수에 대한 진동의 형태를 알아보았다. 그림 7은 측정장치이다.

스프링에 충격 가진을 하여 얻어진 가속도 신호는 주파수 분석기(F.F.T. analyzer)에 의하여 주파수 변환되고 인터페이스 버스를 통해 컴퓨터에 전송된다. 전송된 데이터는 각종 프로그램 및 주변장치에 의해 분석된다.

실험방법은 스프링의 주파수성분과 종방향 및 횡방향의 진동형태를 알아보기 위하여 두 방향 측정을 실시하였다. 그림 8은 가진 및 측정방향과 측정위치를 나타내



그림7. 측정장치

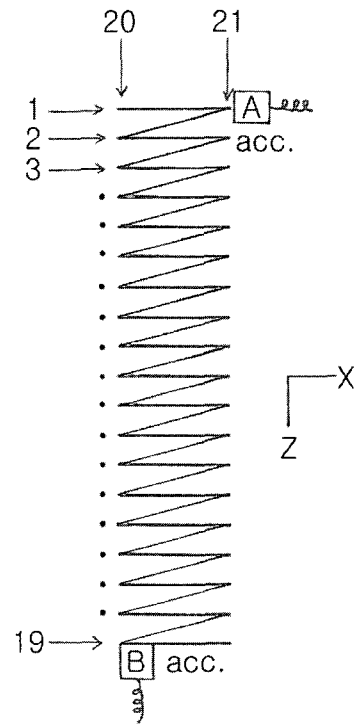


그림8. 가진점 및 측정점과 측정방향

고 있다.

횡방향의 측정은 스프링의 각 권선부(turn) 마다를 하나의 가진점으로 하여 가진점 1부터 19까지를 충격(impact) 가진하여 측정점 A에서 측정방향은 X로 하여 측정하였으며, 종방향의 측정은 스프링 끝단의 가진점 20과 21을 가진하여 측정점 B에서 측정방향은 Z로 하여 측정하였다.

#### 4. 측정결과 및 고찰

##### 4.1 기계실의 진동

###### (1) 모터 부위의 진동

모터 부위의 진동 중 가장 큰 진동은 X 축 진동(93 dB)이고 다음이 Y 축 진동(83 dB), Z 축 진동(83 dB)이다. 모터 부위에서의 진동 특성은 그림 9와 같다.

모터 부위의 X, Y, Z 축 진동은 모두 6~7 Hz, 60 Hz, 120 Hz에 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다. 모터의 진동이 케이지에 전달될 때 케이지 윗부분에 설치된 슈브(sheave)와이 마찰이나 케이지의 편심, 그리고 가이드 레일과 레일의 결합에 의해 발생하는 X, Y 축 진동의 3 Hz를 더욱 크게 진동시키는 원인이 되는 것으로 사료된다.

###### (2) 기계대의 Z 축 진동

그림 10은 기계대의 측정 지점별 Z 축의 진동특성이다. 측정 지점별 진동량은 지점1은 89 dB, 지점2는 85 dB, 지점3은 65 dB, 지점4는 51 dB이다.

모터 부위에서 나타나는 6~7 Hz, 60 Hz, 120 Hz의 피크가 그대로 빔(beam)에서 나타나고 있음을 알 수 있다. 측정지점2의 경우는 레벨이 약간 감소되었을 뿐 피크가 나타나는 주파수에는 변화가 없다. 측정지점3의 경우는 지점2와 지점3 사이에 있는 방진고무로 인하여 레벨이 약 20 dB 정도 감소하였으며, 6 Hz에서 나타난 피크도 감소한 것을 알 수 있다. 이것은 방진고무가 기계실 바닥으로 전달되는 진동을 충분히 차단하고 있음을 알 수 있으나 모터 부위에서 발생하는 진동을 흡수하지는 못하는 것으로 판단된다.

###### (3) 기계대의 Y 축 진동

측정 지점별 Y 축 진동특성은 그림 11과 같다. 측정 지점별 Y 축 진동량은 지점1은 84 dB, 지점2는 81 dB, 지점3은 79 dB, 지점4는 43 dB이다.

Y 축 진동의 경우에도 모터 부위에서 나타난 6~7 Hz, 35 Hz, 120 Hz의 피크가 그대로 빔(beam)에서 나타나고 있다. 측정지점2에서는 전체적으로 레벨만 감소되었을 뿐 피크가 나타나는 주파수에는 변화가 없다. 방진고무가 설치되어 있는 측정지점3의 경우는 지점2의 레벨에 비해 큰 감소가 일어나지 않았다. (약 2 dB) 이것은 방진고무가 Z 축 진동은 감소시키고 있지만 Y 축 진동은 감소시키지 못하고 있다는 것을 의미한다. 지점4의 경우는 빔(beam)에서 콘크리트로 전달되고 있으므로 매질의 변화에 따른 진동량의 감소로 인하여 현저히 감소되었다.

###### (4) 기계대의 X 축 진동

기계대의 측정 지점별 X 축 진동특성은 그림 12와 같다. 측정 지점별 X 축 진동의 진동량은 지점1은 90 dB, 지점2는 89 dB, 지점3은 65 dB, 지점4는 53 dB이다.

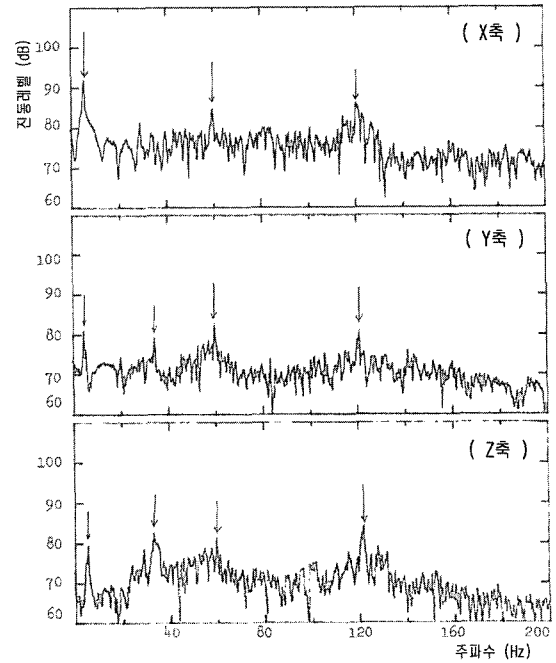


그림9. 모터 부위의 진동특성

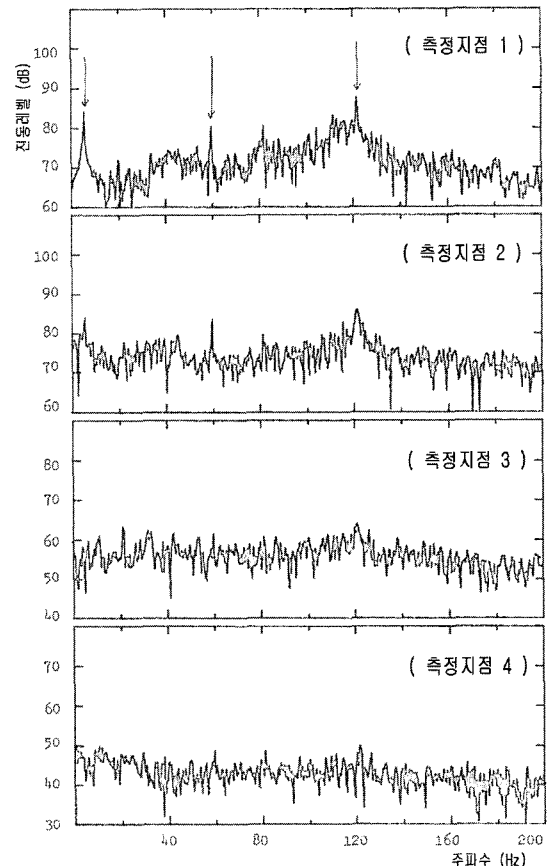


그림10. 기계대의 Z 축 진동

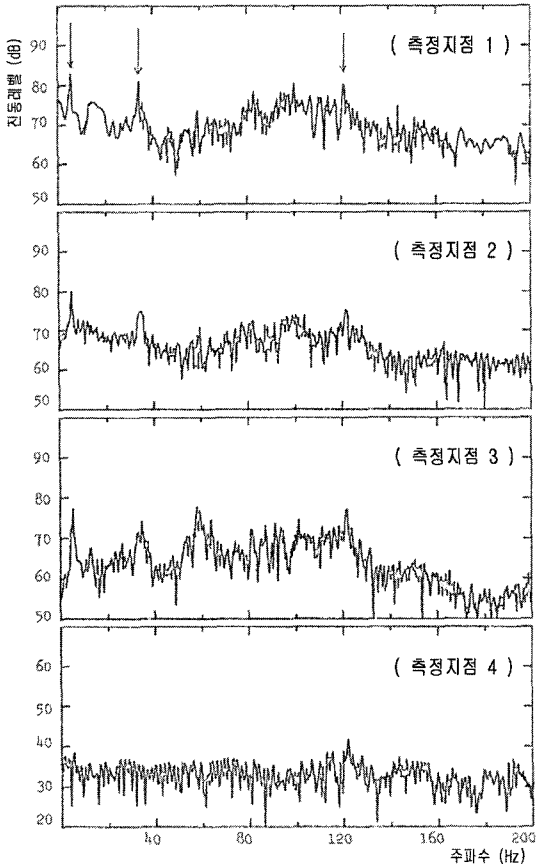


그림 11. 기계대의 Y 축 진동

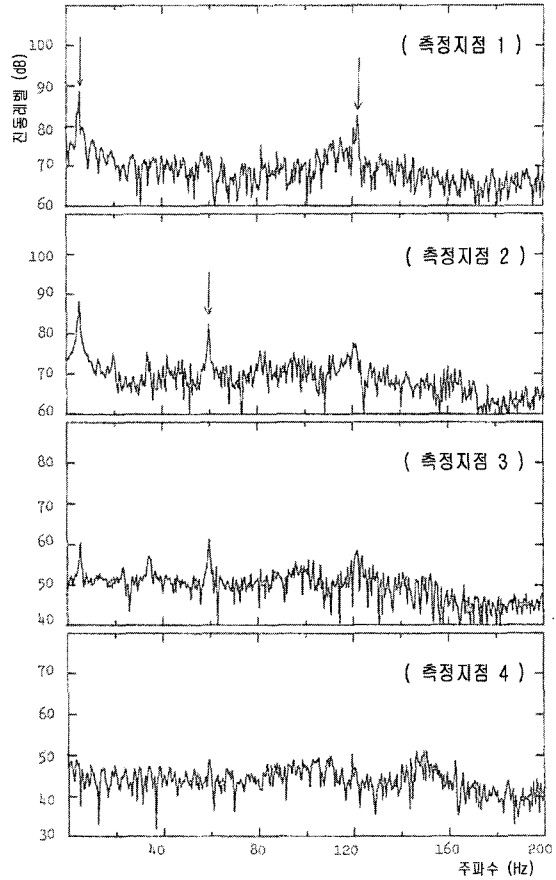


그림 12. 기계대의 X 축 진동특성

X 축 진동도 피크가 빔(beam)에서도 그대로 나타나고 있다. 측정지점2의 경우는 레벨이 약간 감소하였을 뿐 피크가 나타나는 주파수에는 변화가 없었다. 방진고무가 설치되어 있는 지점3의 경우는 레벨이 약 20 dB 감소되었고 6 Hz에서 나타나는 피크도 감소되었다.

#### 4.2 스프링 진동

횡방향과 종방향의 주파수 성분을 알아보기 위하여 횡방향의 측정점10에서의 전달함수와 종방향의 측정점20에서의 전달함수를 대표적으로 그림 13에 나타냈다.

그림에서 알 수 있듯이 횡방향의 고유주파수 성분은 각각 38.5 Hz, 98.75 Hz, 262.5 Hz, 325.5 Hz, 443.7 Hz로 나타나고 있다. 또한 종방향의 고유주파수 성분은 각각 15 Hz, 38.5 Hz, 81.25 Hz, 98.75 Hz, 157.5 Hz, 175 Hz, 233.75 Hz, 262.5 Hz, 307.5 Hz, 352.5 Hz, 378.75 Hz, 443.7 Hz로 횡방향의 고유주파수 성분과 그 외 근접한 또 다른 고유주파수 성분이 쌍을 이루며 나타나고 있음을 알 수 있다. 즉, 38.5 Hz, 98.25 Hz, 157.5 Hz, 233.75 Hz, 307.5 Hz, 378.75 Hz의 진동 모우드는 종방향에서만 나타나고 있음을 알 수 있다. 또한, 종방향만이 갖고 있는 고유주파수 성분은 약 72 Hz의 간격을 두고 조화적(harmonic)으로 나타나고 있다.

스프링의 횡방향 및 종방향에서 동시에 나타나는 각 고유주파수별 진동 모우드를 그림 14에 나타내었으며, 쌍

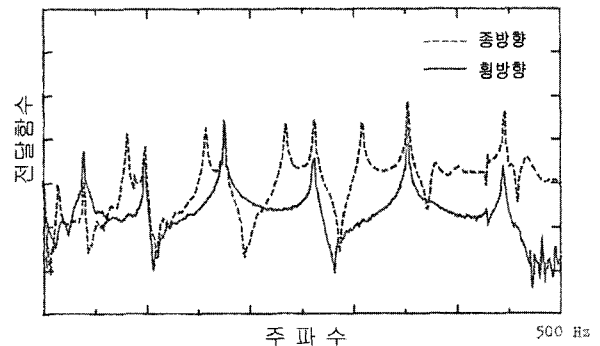


그림 13. 횡방향과 종방향의 전달함수

을 이루며 종방향에서만 나타나는 진동 모우드를 각각 진동 모우드의 좌단에 나타냈다. 스프링은 외부의 가진에 의해서 그림에 나타낸 각 진동 모우드들이 합성되어 진동하게 된다.

따라서, 스프링은 횡방향 및 종방향의 진동 모우드를 갖고 있으며, 이들의 고유주파수 성분은 위에 서술한 바와 같다. 가동 중의 엘리베이터에 있어서는 횡방향의 진동 즉, X, Y 축의 진동은 2~3 Hz로서 스프링과 공진을 일으킬 염려는 없으나 종방향의 진동 즉, Z 축의 진동은 20 Hz로서 스프링의 종방향 진동 15 Hz의 영향을 받을 수 있으리라 사료된다.

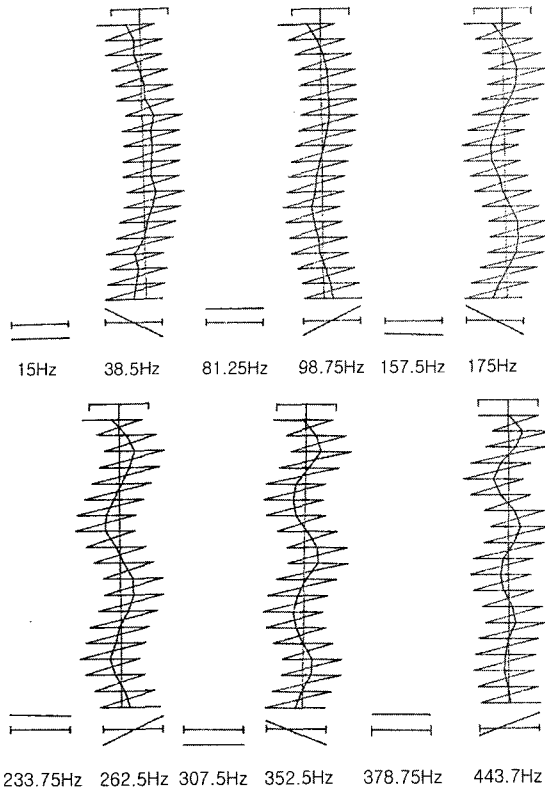


그림 14. 각 주파수별 모드드 형

### 4.3 운행 중 각 부위의 주파수 특성

엘리베이터 진동의 전달형태를 파악하기 위해서는 운행 중 각 부위의 진동특성을 파악해야 한다. 표 1. 2. 3은 운행 중 각 부위의 주파수 특성이며, 그림 15~18은 운행 중 각 부위별 진동이다.

#### (1) X, Y축 진동

X, Y 축 진동의 경우 모터 진동에서 나타나는 6, 60, 120 Hz의 피크가 케이지 프레임 진동에서도 나타나고 있으며, 케이지 위의 슈브를 통해 케이지 프레임에 진동이 전달될 때 저주파인 3 Hz에서 피크가 나타난다. 이러한 특성은 케이지 프레임 및 케이지의 재질에 따른 특성으로 사료되고, 3 Hz의 저주파가 케이지 바닥에 그대로 전달되고 있는 것을 알 수 있다. 한편, 컴펜 슈브(compen. sheave)와 케이지(cage) 등과는 거의 관련이 없는 것으로 판단된다.

#### (2) Z축 진동

Z 축 진동에서는 모터에서 발생한 진동이 기계대의 슈브(sheave)를 지나면서 20 Hz의 주파수 특성을 가진다. 이 20 Hz의 주파수 특성이 로우프를 타고 케이지 위 슈브 및 케이지 프레임(cage frame)을 통하여 케이지 바닥에 전달되고 있다. 또한 이 20 Hz의 주파수 특성은 로우프 끝에 있는 기계실의 스프링에서까지 나타나고 있다. 한편, 케이지 프레임에서 나타나지 않았던 20 Hz의 주파수 특성이 케이지 프레임과 케이지 사이의 방진고무를 통하여 케이지에서 나타나고 있는 것은 방진고무의 특성에 문제가 있는 것으로 여겨진다. 또한, X, Y, Z 축 진

표1. 각 부위별 주파수 특성 (X축)

부 위	주파수 (Hz)					
	6	20	35	60	80	120
motor	6			60		120
sheave	6	20	35	60	80	120
cage 위 sheave	7	20		58	80	
cage frame	3,7			58	80	120
cage 윗면	3	20		58	80	
cage 바닥	3	20		60	81	
compen. sheave			34	60		

표2. 각 부위별 주파수 특성 (Y축)

부 위	주파수 (Hz)					
	6	20	35	60	80	120
motor	6		35	60		120
sheave	6	20	35	60	80	
cage 위 sheave	7	20		58	80	
cage frame	3,7			58	80	120
cage 윗면	3	15			80	
cage 바닥	2,3					
compen. sheave			36		73	

표3. 각 부위별 주파수 특성 (Z축)

부 위	주파수 (Hz)					
	6	20	35	60	80	120
motor	6		35	60		120
sheave	6	20	35	60	80	
cage 위 sheave	7	20		58	80	
cage frame	3, 7	20		58	80	120
cage 윗면		20		60	80	
cage 바닥		20		60	80	
compen. sheave			35	60		
spring		20		60	80	

동 모두 20 Hz와 80 Hz의 주파수 성분이 기계대의 슈브(sheave)에서부터 케이지(cage)까지 거의 모든 부위에서 나타나고 있으므로 엘리베이터 부품의 재질에 따른 특성과 구조적인 특성으로 나타나는 주파수 성분으로 사료된다. 따라서, 20 Hz 및 80 Hz의 주파수 성분은 엘리베이터 설계시 항상 염두에 두어야 할 주파수 성분이다.

## 4. 결 론

기존 건축물 엘리베이터의 진동특성을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 기계대의 방진고무는 기계실 바닥으로 전달되는 Z축 진동은 충분히 차단하고 있으나 모터 부위에서 발생하는 6~7 Hz, 60 Hz, 120 Hz의 피크는 흡수하지 못하는

전의식, 조병 후

것으로 나타났으며, Y축 진동도 감소시키지 못하는 것으

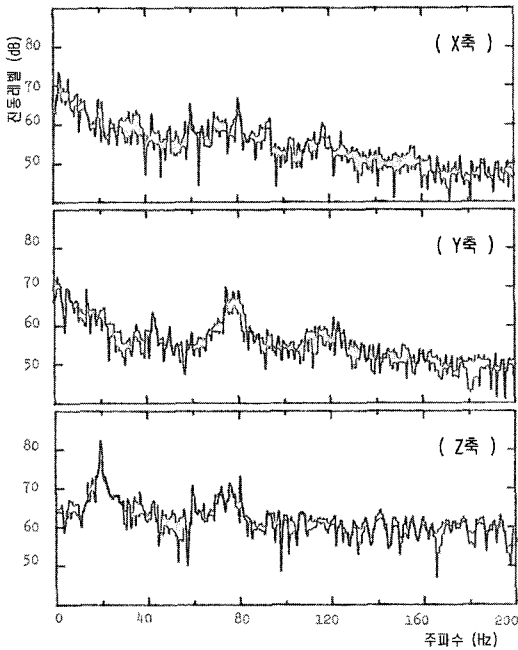


그림 15. 운행 중 케이지 윗면의 진동

특성과 구조적인 특성으로 나타나는 주파수 성분으로 판

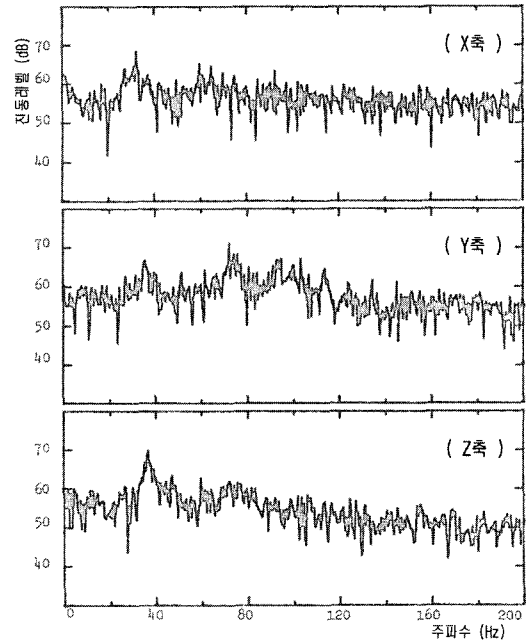


그림 17. 운행 중 compen. 쉬브의 진동

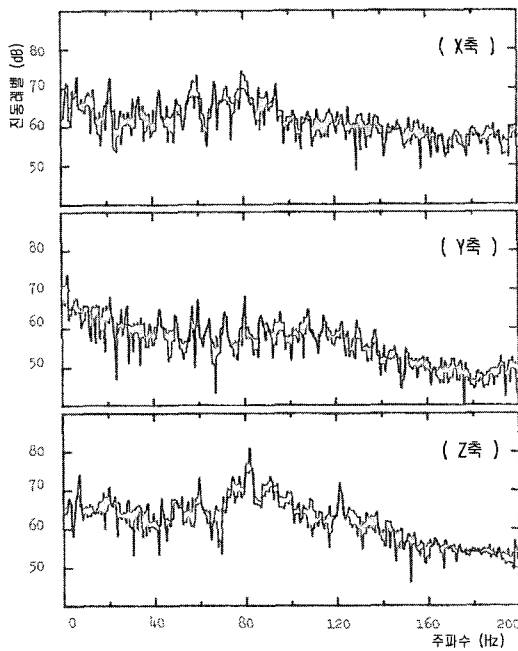


그림 16. 운행 중 케이지 위 쉬브의 진동

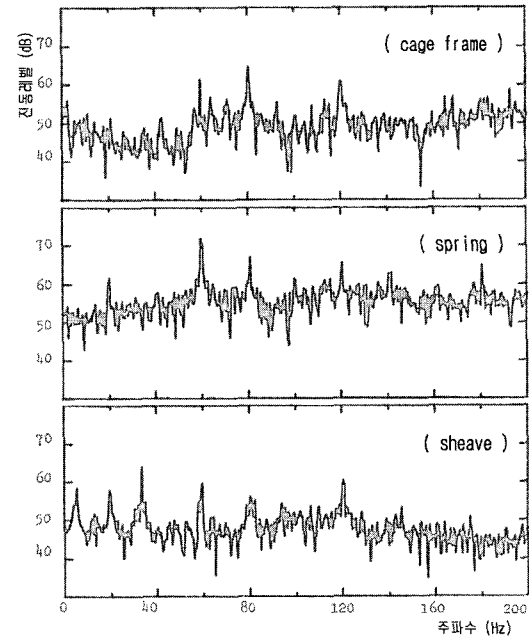


그림 18. 운행 중 각 부위별 진동

로 나타났다.

(2) 가동 중인 엘리베이터에 있어서는 횡방향의 진동인 X, Y축의 진동은 2~3 Hz로서 스프링과 공진을 일으킬 염려는 없으나, 종방향의 진동인 Z축의 진동은 20 Hz로서 스프링의 종방향 진동 15 Hz의 영향을 받을 수 있는 것으로 나타났다.

(3) X, Y, Z축 진동 모두 20 Hz와 80 Hz의 주파수 성분이 기계대의 쉬브에서부터 케이지까지 거의 모든 부위에서 나타나고 있으므로 엘리베이터 부품의 재질에 따른

단된다. 따라서, 엘리베이터 설계시 방진을 위해서는 20 Hz와 80 Hz의 주파수 성분을 가장 염두에 두어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 전의식 조병후, 「建築物 Elevator Cage의 振動 測定」, 한국디지털건축인테리어학회 논문집, 제4권2호, p.p. 52~59, 2004.
2. C. M. Harris, 『Shock and Vibration Handbook』, McGraw Hill Book Company, 1988.
3. 井料政吉, 『騒音振動便覧』, 新技術開發センター, 昭和53年.
4. 『騒音振動對策事例集』, 日本騒音制御工學會, 平成2年.