

공동주택의 엘리베이터 소음저감대책

°김 석홍* 최 석주* 김 중훈*

(Elevator Noise Control in Apartment Housings)

(Seok-Hong Kim, Seok-Joo Choi, Jong-Hoon Kim)

1. 서론

공동주택의 침실, 거실 등은 가족의 휴식처로서 매우 정숙한 환경을 필요로 한다. 최근에 많이 건설되고 있는 고층아파트에는 고속엘리베이터가 설치되고 공간절약 및 구조적 기능 등으로 인하여 엘리베이터통로가 침실이나 거실에 인접한 설계가 많이 채택되고 있다. 이러한 고층아파트의 엘리베이터 기계실 인접 세대에서는 엘리베이터 가동에 의한 공기전달음 및 고체전달음 문제가 될 수 있으며 특히 암소음이 매우 적은 야간의 엘리베이터 소음은 수면방해 및 집중력저하를 일으켜 입주자들의 불만이 야기될 수 있다.

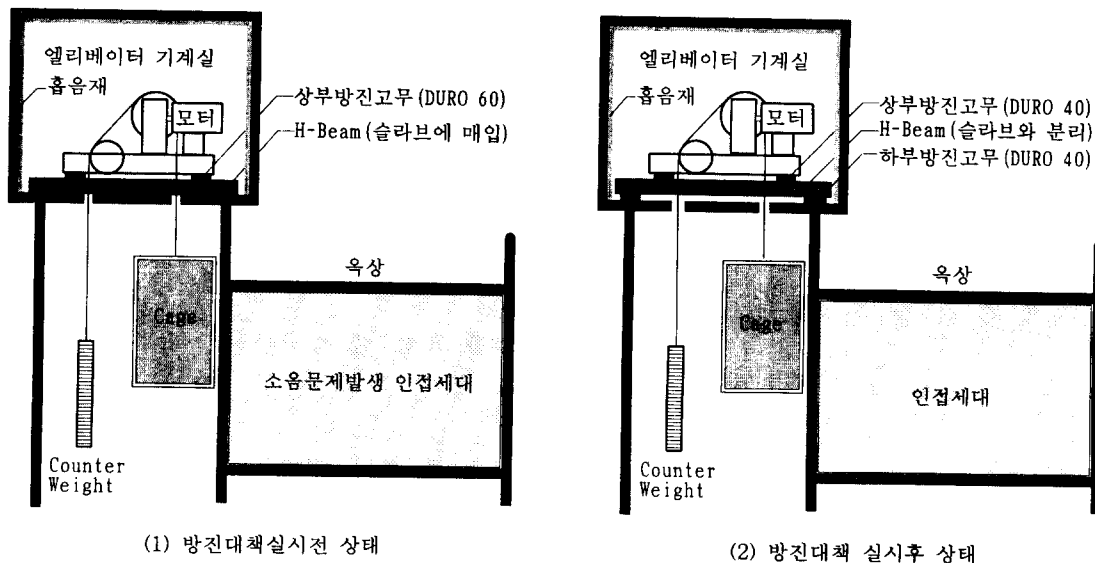
본 연구에서는 입주완료후 엘리베이터 소음이 문제가 된 아파트에서 소음발생원인을 측정분석하고 주로 문제가 되는 고체전달음을 저감시키기 위한 엘리베이터 방진대책을 실시하여 그 성능을 확인하고 이 대책안을 문제가 되는 기존아파트나 추후 건설될 아파트의 엘리베이터 소음저감대책으로 제시하고자 한다.

2. 엘리베이터 방진설계

2.1 방진대책 개요

엘리베이터 기계실에 인접한 세대에서의 소음은 주로 고체전달음으로 이는 엘리베이터 기계진동이 건물의 슬라브, 벽 등의 구조체를 통하여 전달되고 이 진동이 세대내에 음으로 방사되는 것이다. 효과적으로 고체전달음을 저감시키기 위해서는 엘리베이터 기계에서 발생하는 진동이 건물의 구조체로 전달되지 못하도록 방진대책을 실시하는 것이 바람직하다. 엘리베이터 방진은 승객의 수에 따라 전체하중이 변하고 안정성이 요구되므로 방진효과도 있으면서 안정성도 확보되는 방진고무를 이용하는 것이 일반적이다.

그림 1. 에 방진대책 전후의 상태를 나타낸다. 대책전에는 기계실 슬라브에 직접 고정된 H-Beam 상부에 스프링상수가 큰 방진고무에 의해 엘리베이터 권상기가 설치되어 있어 방진효과를 기대하기 힘든 상황이다.



(1) 방진대책실시전 상태

(2) 방진대책 실시후 상태

* 삼성건설주식회사 기술연구소 그림 1. 엘리베이터 방진대책전후 기계실 상태

기계실 인접 세대의 소음을 저감시키기 위하여 하부 H-Beam을 바닥 콘크리트로부터 분리하여 방진지지하고 스프링상수가 큰 상부의 방진고무를 적절한 방진고무로 교체하는 2중방진 대책안이 제시되었다.

방진효과를 사전에 예측하기 위해서는 방진계의 상부 하중 및 방진고무의 스프링상수를 알고 있어야 하나 기존의 엘리베이터에 설치된 방진고무에 대해서는 이러한 데이터가 거의 없는 실정이다. 방진설계에 이용한 하중 데이터는 표 1 과 같으며 대책전후에 사용된 방진고무의 스프링상수는 만능시험기를 이용하여 측정하였다. 스프링상수 측정은 방진대책 전후 상부설치 방진고무 및 대책후 H-Beam과 기계실 바닥사이에 설치한 방진고무의 3종류에 대해서 실시하였으며 표 2. 에 그 측정 결과를 나타낸다.

표 1. 엘리베이터 방진설계 하중 데이터

구 분	하중(Kg)	비 고
권상기	1,000	모터 RPM : 1,060 H-Beam : 200kg
Rope	200	
Travelling Cable	200	
Cage	1,000	
승객	550	
Counter Weight	1,450	
총하중(승객무승차) : 3,850 총하중(승객 Full) : 4,400		상부설계하중:4,200

표 2. 방진고무의 스프링상수 측정결과

구 분	설 치 위 치	치 수	스프링상수 [kgf/cm]	DURO
대책전	상 부	100mm×90mm×30mm	5210	60
대책후		100mm×80mm×30mm	2150	40
	하 부	150mm×150mm×25mm	7200	40

2.2 대책전후의 방진효율 계산

방진대책전과 같은 감쇠가 있는 1자유도 방진계의 진동전달을 T는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$T_1 = \frac{\text{전달력}}{\text{외 력}} = \frac{\sqrt{1+(2\xi\eta)^2}}{\sqrt{(1-\eta^2)^2+(2\xi\eta)^2}} \dots\dots\dots(1)$$

여기서, ξ : 감쇠비
 η : 진동수비 ($=f_d/f_n$)
 f_d : 강제진동수 [Hz]
 f_n : 고유진동수 [Hz]

감쇠가 없는 2자유도 방진계의 진동전달을 T는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$T_2 = \frac{\omega_1^2 \omega_2^2}{\omega^4 - [\omega_1^2(1+m_1/m_2)+\omega_2^2]\omega^2 + \omega_1^2 \omega_2^2} \dots\dots\dots(2)$$

여기서, ω : 강제 각진동수
 $\omega_1^2 = k_1/m_1$
 $\omega_2^2 = k_2/m_2$
 m_1 : 상부질량 [kg]
 m_2 : 하부질량 [kg]
 k_1 : 상부 스프링상수 [kg/m]
 k_2 : 하부 스프링상수 [kg/m]

위의 진동전달을 T로부터 dB로 표기하는 방진효과 ΔV 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta V = 20 \text{ Log}(1/T) \text{ [dB]} \dots\dots\dots(3)$$

표 3. 에 엘리베이터 방진대책전과 2중방진대책후의 dB 방진효과를 비교하여 나타낸다. 방진효과 계산시 방진고무의 동적배율은 1.4, 감쇠비는 0.1로 하여 계산을 하였다. 2중방진의 경우 방진고무의 감쇠를 고려한 정확한 전달을 계산은 하지 못하고 동배율을 고려한 ω_1, ω_2 를 구하고 식(2)로부터 개략적인 전달율을 계산하였다.

표 3. 방진대책전후 dB방진효과 계산치 (단위:dB)

구 분	변위 [mm]	고유 진동수 [Hz]	강제진동수 [Hz]			
			20	60	165	220
대책 전 단일방진	2.0	13.2	2.1	23.3	35.2	38.0
대책 후 2중방진	상:4.9 하:0.07	8.4* 70.4**	15.7	29.4	64.1	75.2
방진대책후 진동저감량			13.6	6.1	28.9	37.2

* 상부방진계 ($=\omega_1/2\pi$) ** 하부방진계 ($=\omega_2/2\pi$)

3. 방진대책전후 소음진동 측정결과

3.1 방진대책전후 진동 비교분석

그림 2, 그림 3 은 각각 기계실 바닥 슬라브와 인접 하층세대 거실 바닥에서 권상기 방진대책 전후에 측정 한 진동 스펙트럼을 나타내며 표 4. 에 방진대책전후 피크주파수에서의 진동크기를 비교하여 나타낸다. 측정은 승객이 타지 않은 정상가동상태에서 진동 주파수분석기 RION, VA-10을 이용하여 실시하였다.

대책실시전후 기계실과 세대내 거실 바닥 모두 160, 220Hz 주변에서 피크치를 나타내고 있으며 이는 권상

기 모터 R.P.M과 감속기어비에 관계된 강제진동수로 생각된다.

엘리베이터 기계실 바닥진동은 상승시에는 대책전 165Hz 78.6dB에서 대책후 160Hz 48.7dB로 29.9dB이 저감되었으며 하강시에는 대책전 165Hz 69.9dB에서 대책

후 160Hz 49.5dB로 20.4dB이 저감된 것으로 나타났다.

하부세대 거실 바닥진동은 상승시에는 대책전 165Hz 60.1dB에서 대책후 160Hz 41.9dB로 18.2dB이 저감되었으며 하강시에는 대책전 165Hz 45.9dB에서 대책후 160Hz 41.7dB로 4.2dB이 저감된 것으로 나타났다.

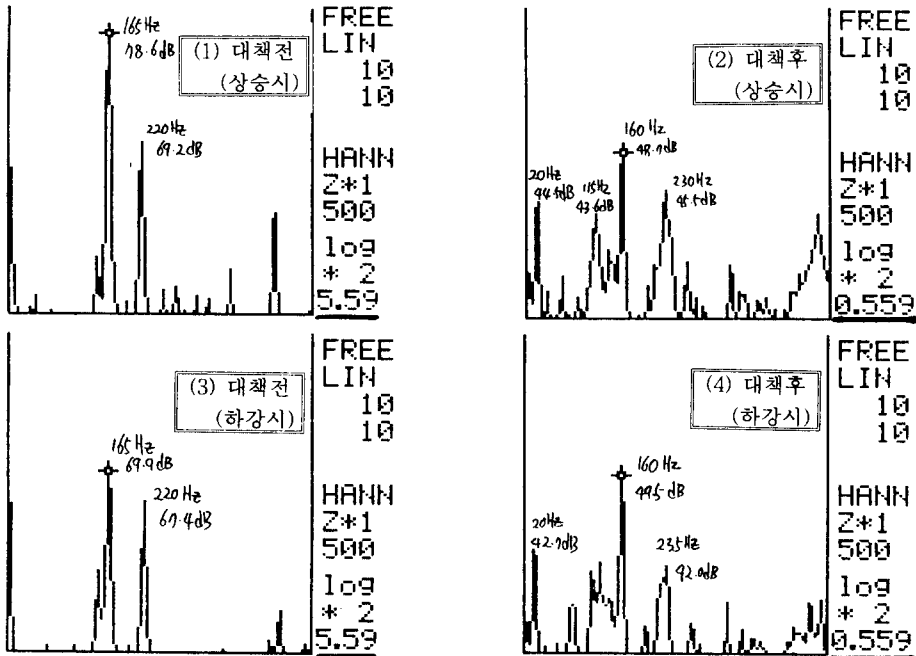


그림 2. E.V 기계실 바닥 방진대책전후 진동가속도레벨 비교

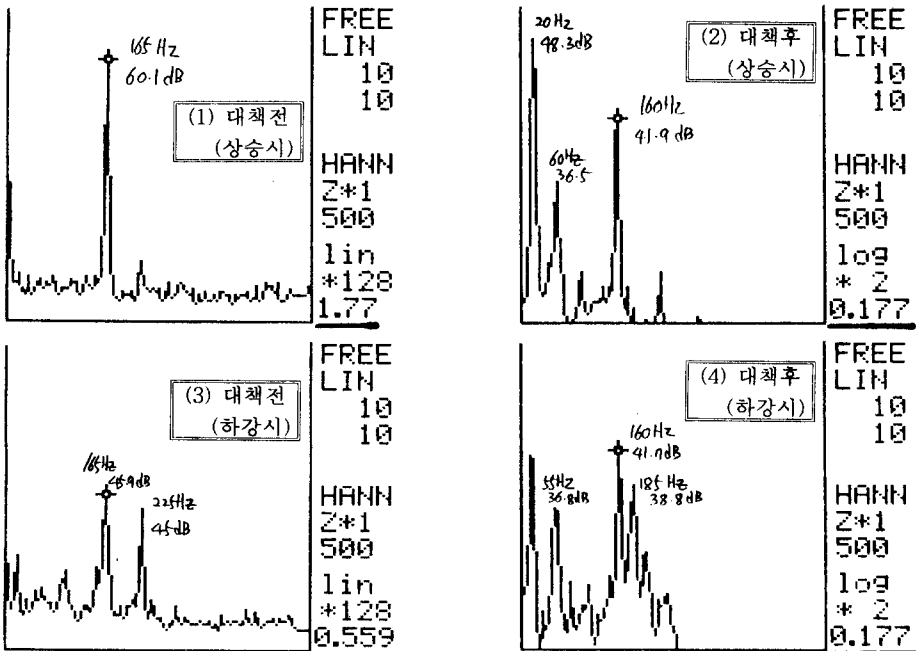


그림 3. 인접세대 거실 바닥 방진대책전후 진동가속도레벨 비교

방진대책 실시후 165Hz, 220Hz 의 진동은 크게 감소되었으나 20Hz, 60Hz 에서 피크치가 나타나고 있으며 이는 엘리베이터 방진계 및 기계실 바닥 구조체의 고유진동수가 이 주파수에 근접하여 있기 때문으로 판단된다. 그러나 대책후 이들 주파수에서의 바닥진동은 구조체에 영향을 미치지 못할 정도로 적으므로 문제가 되지는 않을 것으로 생각된다.

표 4. 방진대책전후 진동크기 비교 (단위 : dB)

구분			피크 주파수 [Hz]			
			20	60	160	220
E.V 기계실 바닥	상승시	대책전	.	.	78.6	69.2
		대책후	44.5	43.6	48.7	45.5
		저감량	.	.	29.9	23.7
	하강시	대책전	.	.	69.9	67.4
		대책후	42.7	.	49.5	42.0
		저감량	.	.	20.4	25.4
하부 세대 거실 바닥	상승시	대책전	.	.	60.1	.
		대책후	48.3	36.5	41.9	.
		저감량	.	.	18.2	.
	하강시	대책전	.	.	45.9	45
		대책후	40.8	36.8	41.7	.
		저감량	.	.	4.2	.

3.2 방진대책전후 소음 비교분석

그림 4 및 그림 5 는 각각 엘리베이터 상승 및 하강시 인접 하층세대거실에서 측정된 방진대책전후의 소음레벨과 암소음레벨을 비교하여 나타낸 것이다. 소음측정에는 RION,NA-29E 소음주파수분석기를 사용하였다.

방진대책 실시후 31.5Hz를 제외한 63Hz 이상의 모든 주파수에서 소음이 감소된 것으로 나타났다. 대책전에는 엘리베이터 상승 및 하강시 모두 125, 250Hz 에서 피크치를 보이고 있다.

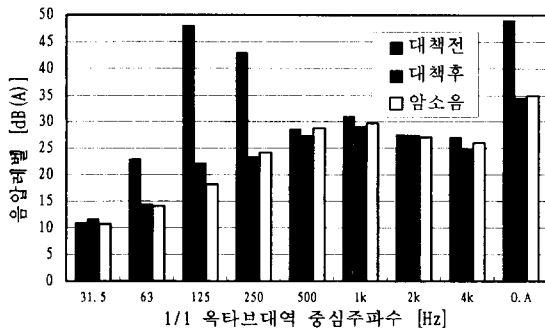


그림 4. 방진대책전후 세대내거실 소음레벨 비교 (엘리베이터 상승시)

이는 그림 2, 그림 3에서 보는 바와 같이 엘리베이터 기계에서 전달된 165Hz, 220Hz 진동에 의한 고체전달음의 영향 때문으로 생각된다.

엘리베이터 방진대책 실시후에는 125, 250Hz 주파수 대역의 피크소음이 사라져 대책전 상승시 Overall 49dB(A), 하강시 Overall 40dB(A)의 소음이 대책실시후 상승, 하강시 모두 암소음레벨과 거의 같은 35dB(A)의 소음레벨을 보이는 것으로 나타났다.

4. 결론

이상과 같이 완공후 소음이 문제가 된 공동주택의 엘리베이터에 대한 소음진동저감대책을 검토하고 대책실시 전후의 소음진동을 측정분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 대책전 기계실바닥에 고정되어 있던 H-Beam을 바닥에서 분리하여 엘리베이터 권상기를 2중 방진하므로써 대책실시후 엘리베이터 상승시 기계실바닥진동은 29.9dB, 하부 세대 거실바닥진동은 18.2dB 이 저감된 것으로 나타났다.
- 2) 하부 세대내부 소음은 대책전 49dB(A)에서 대책후 암소음레벨 수준인 35dB(A)로 14dB(A)이 저감되어 2중 방진대책이 만족할만한 소음저감효과를 갖는 것으로 나타났다.

평면계획상 엘리베이터 통로와 세대가 인접한 공동주택에서는 엘리베이터의 진동에 의한 고체전달음 발생가능성이 많으므로 앞으로 이러한 구조의 공동주택에는 권상기 2중방진대책을 표준화하여 적용하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

참고문헌

- 1)Cyril M. Harris, 1994, "Noise Control in Buildings" McGraw-Hill,Inc., pp.10.13-10.15
- 2)일본음향재료협회, 1983, "소음진동대책핸드북",집문사, pp.433-436

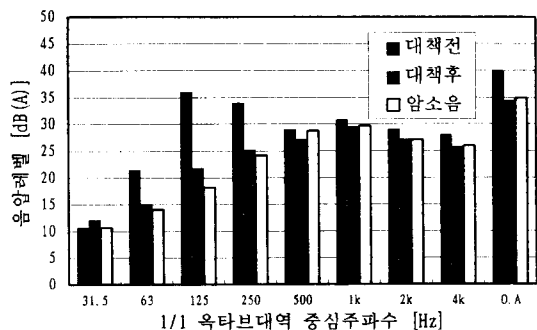


그림 5. 방진대책전후 세대내거실 소음레벨 비교 (엘리베이터 하강시)