

조립식주택내 엘리베이터의 운행소음 저감방안 연구

김 하 군*, 김 명 준, 오 영 인

대한주택공사 주택연구소

Reduction Method of Elevator-Operating Noise in Precast Concrete Apartment Housings

Ha Geun Kim, Myung Jun Kim, Young In Oh

HOUSING RESEARCH INSTITUTE, KOREA NATIONAL HOUSING CORP.

요 약

본 연구에서는 엘리베이터 용량, 속도, 제어방식, 아파트 건 설방법(현장타설공법 및 조립식공법), 승강로의 벽 및 현장구조 등 여러 요인별로 현장에서 엘리베이터 운행시 소음·진동량을 실측하고 문제점을 파악한 후, 현행 설계여건을 고려하여 PC구조아파트에 적용할 수 있는 효과적인 저감공법을 제시하였다.

1. 서 론

최근 사업성을 높이기 위해서 용적율제고, 공용공간의 축소등의 이유로 엘리베이터 승강로에 인접하여 거실 및 침실을 설계하는 경우가 많고, 초고층화에 따른 고속형 엘리베이터의 설치로 인하여 운행소음이 증가되는 경향이 있다. 반면 쾌적한 생활환경에 대한 입주자들의 요구수준이 증대됨에 따라 엘리베이터 운행소음 저감대책의 마련이 시급한 실정이다.

본 연구에서는 최적의 소음제어가 이루어지도록 유도하기 위하여 엘리베이터 운행에 따른 소음의 크기 및 전파경로를 현장실 측을 통해 파악한 후 이를 설계목표치와 비교하여 필요저감량을 산출하고, 건축적인 측면을 중심으로 각종 저감공법을 검토·제시하였다. 아울러 현행 설계여건을 고려하여 실용적으로 적용할 수 있는 설계방안을 제시하였다.

2. 엘리베이터 운행소음·진동의 전달경로 및 발생원인

그림 1은 엘리베이터의 구성 예를 나타낸 것으로 권상기와 로우프에 의해서 CAR를 움직이는 방식이 현재 가장 많이 사용되고 있다. 권상기는 보통 2단 이상의 기계대 위에 설치되어 있으며, 기계대 사이에는 방진고무를 설치하는 경우가 대부분이다.

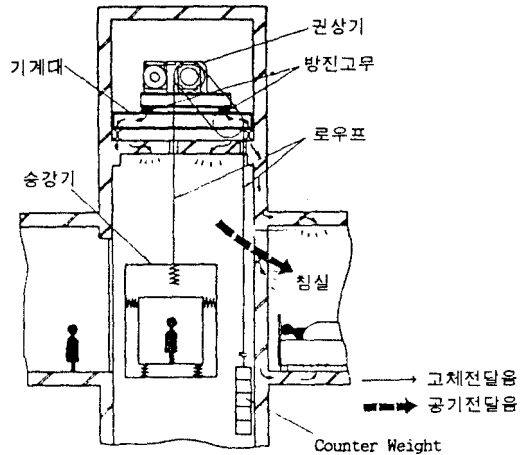


그림 1 엘리베이터 구성 예와 권상기 진동의 전달경로

그림 1에서와 같이 세대내에 영향을 주는 엘리베이터 소음의 전달경로는 발생원에서 발생한 음이 공기중을 전파하여 전달되는 공기전달음과 발생원(기계실, 승강로)에서 발생한 진동이 구조물을 타고 세대내 천장이나 벽을 통하여 세대내에서 음으로 방사되는 고체전달음의 두 종류가 있다.

일반적으로 엘리베이터 샤프트를 구성하고 있는 벽체는 차음성이 45dB정도인 120mm이상의 콘크리트 구조이며 샤프트내에서의 소음레벨이 80dB(A)를 넘지않는 것이 대부분이므로, 현장타설공법인 벽식구조의 경우에는 크게 문제가 되지 않으나, 조립식공법인 PC구조의 경우에는 접합부가 기밀하게 처리되지 않을 경우 소음 전달통로가 된다.

로우프식 엘리베이터 중에서 운행속도가 120m/min이상으로 고속인 경우에는 가이드레일로 부터 발생하는 진동과 함께 기계실 내 전동기 사용에 따른 진동이 문제가 되며, 120m/min 이하의 속도에서는 기계실 내 전동기로부터 발생하는 진동이 주로 문제가 된다. 현재 국내 공동주택에서 사용되고 있는 엘리베이터는 운

행속도가 15~20층일 경우 대부분 60m/min, 25층의 경우에는 90m/min를 사용하고 있기 때문에, 세대내 소음에 가장 크게 영향을 주는 요소는 기계실 내 진상기(전동기)로부터 발생된 진동이라 할 수 있다.

3. 엘리베이터 운행소음의 설계목표치 설정

현재 국내 및 일본의 경우 엘리베이터 소음에 대한 법규는 제정되어 있지 않으나, 일본건축학회에서는 소음레벨을 8곡선 또는 인간의 청감과 비슷한 dB(A)에 의해 평가하고 있다.

1989년 대한주택공사에서 력기개발로부터 위탁받아 연구한 "공동주택 내부소음 저감방안 연구"에서는 엘리베이터 소음의 설계목표치를 35dB(A)로 제안하고 있으며, 적정 실내소음도를 위한 외국의 기준과 비교하여 보면 표 1과 같다.

표 1 공동주택의 적정 실내소음도

구 분	소 음 도 dB(A)	비 고	
력기개발주식회사 (엘리베이터 소음의 설계목표치)	35		
대한주택공사 (급배수설비소음의 설계목표치)	40		
미국 ASHRAE (냉난방 공조학회) HUD (주택도시 개발국)	35~45	낮은 목소리로 2m 이하의 거리에서 양호한 대화 가능	
한국건축학회	특급(특별)	30	차음성능 매우 양호
	1급(표준)	35	차음성능 양호
	2급(허용)	40	차음성능 대개 만족

일반적으로 엘리베이터 소음은 주로 진동으로 부터 발생하는 불규칙적인 비정상소음으로 정상적인 소음에 비해 거주자들의 소음 지각율이 높으므로, 일본건축학회 허용기준인 40dB(A)보다 1등급 정도 엄격하게 적용하는 것이 바람직하다고 판단되어, 본 연구에서는 보통의 실내소음기준인 40dB(A)보다 1등급 강화한 35dB(A)를 엘리베이터 소음의 설계목표치로 하였다.

표 2 측정대상

구분	구조	엘리베이터 형식					엘리베이터 샤프트칸장구조 형식 (Type)
		중량 (인승)	속도 (층/분)	전압 (전류)	주파수 (RPM)	제어방식	
K-44	PC	1150kg (17인)	60m/분 (11Kw)	380V (11Kw) (24A)	60Hz (1690)	교류폐환	벽 : (A) 천장 : (A)
K-49	PC	1150kg (17인)	60m/분 (11Kw)	380V (11Kw) (24A)	60Hz (1690)	교류폐환	벽 : (C) 천장 : (A)
K-45	벽식	750 kg (11인)	60m/분 (7.5)	380V (17.3)	60Hz (1690)	교류폐환	벽 : (A) 천장 : (B)
K-39	벽식	900 kg (13인)	60m/분 (11Kw)	380V (24.7)	60Hz (1715)	교류폐환	벽 : (A) 천장 : (B)
KD-45	벽식	750 kg (11인)	60m/분 (7.5)	380V (17.3)	60Hz (1690)	교류폐환	벽 : (A) 천장 : (B)
K-99	벽식	-	-	-	-	교류폐환	벽 : (A) 천장 : (B)
D형	벽식	-	-	-	-	교류폐환	벽 : (B) 천장 : (A)
D-48	벽식	1000kg (15인)	90m/분 (15Kw)	380V (34A)	60Hz (1670)	교류폐환	벽 : (B) 천장 : (C) (진동계감형벽식) (진동계감형천장)
G-48	벽식	1000kg (15인)	90m/분 (13Kw)	170V (57A)	33Hz (960)	인버터	벽 : (B) 천장 : (C)
L-42	벽식	550kg (8인)	60m/분 (5Kw)	170V (27A)	60Hz (1740)	인버터	벽 : (B) 천장 : (A)

· 엘리베이터 샤프트벽 (단위:mm)
 (A)Type: 180용벽+공기층+0.5B벽돌항기+50단열재+9석고판/벽지
 (B)Type: 180용벽+25~30단열재+9석고판/벽지
 (C)Type: 140PC판+25단열재+9석고판/벽지

· 엘리베이터 샤프트 칸장구조 (기계실 바닥구조, 단위:mm)
 (A)Type: 200무근콘크리트+150슬래브
 (B)Type: 200경량콘크리트+150슬래브
 (C)Type: 100무근콘크리트(와이어메쉬)+150슬래브

4. 엘리베이터 운행소음 및 진동량 실태조사

4.1 측정 및 평가방법

엘리베이터 운행소음 측정은 일본건축학회에서 권장하고 있는 "건축물의 현장에 있어서 실내소음레벨 측정방법"에 의거하여 1층에서 15층까지 엘리베이터를 정상운행시켰을때 발생하는 소음에 대해서 수음실(세대내, 기계실 등)의 벽으로 부터 1m 떨어진 장소에서 주행 및 정지시에 대한 최대, 최소, 평균값을 측정하였다. 진동측정방법은 환경초기시 제 87-16호 ('87.8.4)에 의거 측정하였으며 1Hz~90Hz 까지의 진동레벨을 측정하였다.

각 실에서 소음레벨 측정결과는 실내허용소음레벨(설계목표치)과 비교하여 입주자가 엘리베이터 소음에 대하여 어떻게 느낄 것인가를 평가하였다.

표 2는 측정대상 아파트의 엘리베이터 형식 및 샤프트벽체의 구조 등을 나타낸 것이다.

4.2. 엘리베이터 운행소음 실태

가. 기계실에서의 소음레벨

표 3은 소음원의 크기를 파악하기 위하여 기계실에서 소음을 측정한 결과로서 엘리베이터 정속주행시 PC 및 벽식구조기계실에서 소음레벨은 각각 77~78, 68dB(A) 정도로 나타났다. 이러한 차이는 아파트 구조형식에 의해서라기 보다는 엘리베이터의 용량, 기계실 크기 등의 차이에 의한 결과라 판단된다.

주행시 발생소음원은 주로 전동기 및 냉각팬의 혼합음이었으며, 기동 및 정지시에 발생하는 Peak음은 전원을 단속시키는 역할을 하는 Contactor의 충격음이었다.

그림 2는 엘리베이터 주행시 각 주파수별 소음레벨을 파악한 결과로서 용량이 1150kg(17인승)인 K-44 및 K-49형에서의 주파수별 소음특성은 거의 유사한 것으로 나타났으며, 용량이 750~

조립식주택내 엘리베이터의 운행소음 저감방안 연구

900kg(11~13인승)인 K-45 및 K-39형에서의 주파수별 소음특성도 유사한 것으로 나타났다. 기계실에서의 소음은 주로 엘리베이터 용량에 따라 결정되어지는 진동기의 소음이 주원인임을 알 수 있다. 특히 250Hz이하의 저주파수영역에서는 용량이 1150kg인 경우와 750~900kg인 경우가 거의 유사한 소음특성을 보이고 있으나, 그 이상의 주파수 영역에서는 용량이 큰 엘리베이터가 최고 약 14dB정도 소음레벨이 높은 것으로 나타났다.

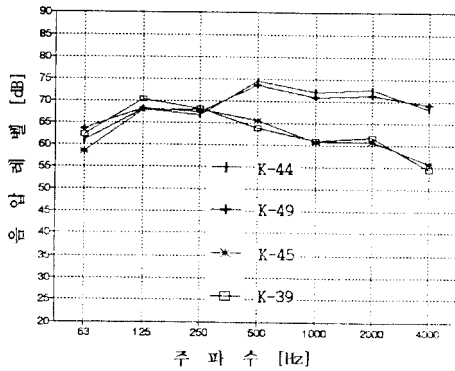


그림 2 엘리베이터 주행시 기계실 소음의 주파수 특성

나. 세대내에서의 층별 소음레벨

표 4에서와 같이 엘리베이터 운행시 층별 소음레벨은 29~39dB(A)이었으며, 주로 고층부에서는 설계목표치 35dB(A)를 초과하는 경우가 많으므로 대책수립이 요구된다. 특히 옥상층에 있는 승강기 기계실로부터 발생된 진동이 구조체를 거쳐 먼저 고층부 세대에서 소음으로 방위되기 때문에 저층으로 갈수록 소음레벨이 점점 낮게 나타나는 경향을 보이고 있다. 따라서 엘리베이터의 소음저감을 위해서는 기계실의 최적방진설계에 의해 진동원 가까이에서 차단 대책을 세워야 하며, 그 대책의 예를 5장 및 결론에서 제시코자 한다.

디. 엘리베이터 내에서의 소음레벨

표 5는 엘리베이터 내에서의 소음레벨로서 승강기 주행시 샤프트 내에서의 소음레벨은 54~55dB(A), 정지시 Be11소리는 75~77dB(A), 승강기 도어개폐음은 52~59dB(A) 나타나 Be11소리가 가장 큰 소음원이었다. 벽식구조 아파트의 경우 승강로벽이 약 45dB의 충분한 차음성능을 가지고 있을 뿐만 아니라 틈새가 없어 샤프트내의 주행 소음(공기전달음)이 세대로 전달되는 양은 9~10dB(A)정도 밖에 되지 않아 소음피해가 없을 것이라 판단되니, PC구조의 경우에는 결합부위가 밀실하게 마감되지 않을 경우 이 부위를 통하여 소음이 40~50dB(A) 정도로 크게 전달될 수도 있다.

특히 정지시 벨소리는 75~77dB(A)로서 설계목표치 35dB(A)이하가 되기 위해서는 약 40~42dB(A)의 차음수준이 요구되며, 따라서

표 3 기계실에서의 소음레벨 [단위 : dB(A)]

구분	PC 구조		벽식구조	
	K-44	K-49	K-45	K-39
주행시 소음레벨	78	77	68	68
기동시의 Peak 소음레벨	83	81	71	71
정지시의 Peak 소음레벨	80	78	77	74
미운행시의 소음레벨	냉각팬 on	74	73	64
	냉각팬 off	48	46	—
엘리베이터의 용량 (Capacity)	17인승 1150kg	17인승 1150kg	11인승 750kg	13인승 900kg

표 4 세대내에서의 층별 소음레벨 [단위 : dB(A)]

구분	PC 구조				벽식 구조			비고
	K-44	K-49	K-45	K-39	D	K-99		
15층	39	39	38	34	42	37	본 측정층을 상향기에서 측정된 것임	
14층	-	-	-	33	-	-		
13층	36	37	35	-	-	-		
10층	-	36	30	31	-	-		
7층	-	35	30	30	35	33		
4층	-	33	-	31	-	-		
1층	-	34	-	29	35	32		

표 5 엘리베이터 내에서의 소음레벨 [단위 : dB(A)]

구분	PC구조(K-49형)	벽식구조(K-39형)
주행시 소음레벨	54	55
정지시 Be11 소리	75	77
승강기 도어 개폐음	59	52
미운행시 소음레벨	38	40

표 6 기계실 및 세대내에서의 진동레벨 [단위 : dB]

부위	PC 구조		벽식구조		
	K-44	K-49	K-45	D-48	
기	방진처리된 권상기	88	90	90	86
계	1차 방진처리후 기계대위	74	79	78	74
	기계실 바닥	48	51	55	42
세대	15층	39	50	49	41
	13층	-	-	36	-
	10층	33	48	36	-
세대내	7층	-	-	32	-
	4층	-	-	37	-
	1층	-	-	30	-

입주자의 쾌적한 생활을 위해서는 벨소리를 승강기 도어개폐음보다 약간 높은 수준인 60dB(A)이하로 유지하는 것이 바람직하다고 판단된다.

4.3 엘리베이터 운행진동 실태

표 6은 엘리베이터 진동전달 경로 및 각 경로별 진동저감량을 파악하기 위하여 권상기, 방진처리후 기계대, 기계실바닥 및 각 층에서의 진동측정결과이다. 방진처리전 권상기에서의 진동레벨과 1차방진처리후 기계대 위에서의 진동레벨차는 평균 12dB로 나타났으며, 이는 일반적으로 많이 사용되는 35mm두께의 방진고무 효과라고 생각된다. 또한 권상기, 방진처리후 기계대, 기계실바닥, 15층, 13층 등의 순으로 진동레벨이 점점 작아지고 있어 기계실의 진동이 구조체를 통하여 전달되어 각 실의 소음레벨에 영향을 주고 있음을 알 수 있다.

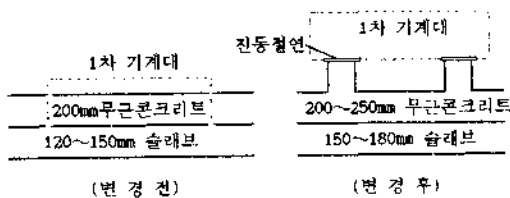
5. 엘리베이터 운행소음 및 진동저감을 위한 설계(안)

4장의 실태조사에 의하면 엘리베이터 속도가 분당 60m인 PC구조아파트에서 세대내의 소음이 37~39dB(A)로 나타나, 설계목표치 35dB(A)이하로 되기 위해서는 2~4dB(A)의 차음성능 개선을 위한 대책이 필요하다. 대책으로는 기계실로부터 구조체를 통해 전달되는 고체를 대책과 샤프트안에서 접합부 조인트(튼새)를 통해 전달되는 공기를 대책으로 크게 나눌 수 있다.

본 장에서는 현행 설계여건을 고려하여 PC구조아파트에 적용할 수 있는 가장 효과적인 (안)을 제시하고자 하였다.

가. 기계실로부터 전달되는 고체전달음 저감대책

기계실 바닥의 총 슬래브두께는 가능한 350mm 이상 등으로 하여 증량으로 인한 진동흡수효과를 충분히 갖게하고 슬래브 면적이 15m²이하가 되도록 보를 설치한다. 또한 콘크리트타설시 바닥면에 그림과 같이 돌출보(높이 100mm이상)를 설치하고 접합부는 방진단동을 사용하여 진동절연한 후 그 위에 기계대를 설치한다.

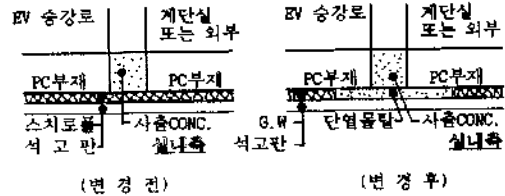


현행의 1차 방진처리를 2차에 걸쳐 설치한다. (2차방진을 방진패드등과 같이 두께가 10mm이하이고 스프링계수가 비교적 큰 재료는 2차방진효과가 기대되며, 만약 더 많은 효과를 기대하기 위해 방진고무의 두께를 30mm이상으로 할 경우는 과도한 유동성으로 인해 엘리베이터가 및 구조체에 진동전달량이 크게될 수 있으므로 전문가에 의한 최적설계가 이루어져야 한다.)

나. 승강로 통으로 부터 전달되는 공기전달음 저감대책

샤프트벽의 접합부위는 사출콘크리트 밀실시공하고, 특히 PC주철의 경우 3개이상의 부제가 만나는 부위의 실내측에서 밀실한

1993년도 한국음향학회 학술논문발표회 논문집(제 12권 1(ㄱ)호) 단열몰탈을 사용하며, 샤프트벽에 사용하는 스티로폼을 글래스울로 변경하고 가능한 석고보드의 두께를 15mm이상으로 변경한다. 또한 엘리베이터 정지시의 벨소리는 60dB(A)이하로 한다.



다. 기타 권장사항

엘리베이터 기계실은 단면도상 주철상부를 피하고 가능한 침실과 격리시켜 배치한다. 단, 기계실의 설치면적이 엘리베이터 샤프트 상부만으로 부족한 경우에는 계단실 등의 상부를 확장하여 이용하도록 한다. 카운터 웨이트는 세대와 인접된 벽면을 피하여 계단실이나 외벽쪽에 설치하며, 권상기 설치용 기계대(machine beam)는 벽면에 매입되지 않도록 하고 보 상부와 같은 강성(剛性)이 높은 부분에 지지하도록 한다. 또한 엘리베이터 샤프트벽은 수직 시공오차를 최소화하여 가이드레일에서 발생하는 소음을 저감하도록 한다.

6. 결 론

연구의 결과, 기계실 바닥의 경우 무근콘크리트 타설시 돌출보 설치에 의한 이중방진 처리방안 및 3개이상의 PC부재 접합부위는 실내측에서 스티로폼 대신 단열몰탈로 보강하는 방안 등 실용적인 방안을 제시하였다.

끝무 지속적인 실태조사 및 본 보고서에서 제안한 저감대책을 현상에 시험시공하여 평가하는 작업이 계속 이루어져야 한다고 판단된다. 또한 저감공법중 시공원가의 상승이 비교적 적으며 고체음차단에 유효한 방법이라 생각되는 2중방진처리 공법에 대해서도 최적설계를 위한 연구가 계속되어야 한다고 판단된다.

본 연구는 대한주택공사에서 수행한 기본과제입니다.

참 考 文 獻

1. 横田 遼, 杉山美樹 : エレベータの騒音, 三菱電技報, 34, NO 9, 1983
2. 杉山美樹, 成田正夫 : エレベータの振動解析, 三菱電技報, 57, NO 6, 1983
3. 津道佳明 外 3人 : 昇降時におけるエレベータ ロープの横振動, 日本機械學會論文集, 58巻 545號, 1992
4. 立林昌弘 : 集合住宅エレベータ設備騒音対策の研究, 住宅都市整備公團 住宅都市試験研究所 調査研究報, MO88, 1988