엘리베이터 운행소음 저감방안 연구

김하근 · 김명준 · 오영인/대한주택공사 주택연구소

I. 서 론

최근 일조권의 문제, 건물스페이스의 이용확대 등으로부터 엘리베이터 승강로에 근접하여 거실 또는 침실을 설계하는 경우가 많고, 건물의 경량화 및 고층화 경향으로 엘리베이터 소음에 대한 대책수립이 요구되고 있다.

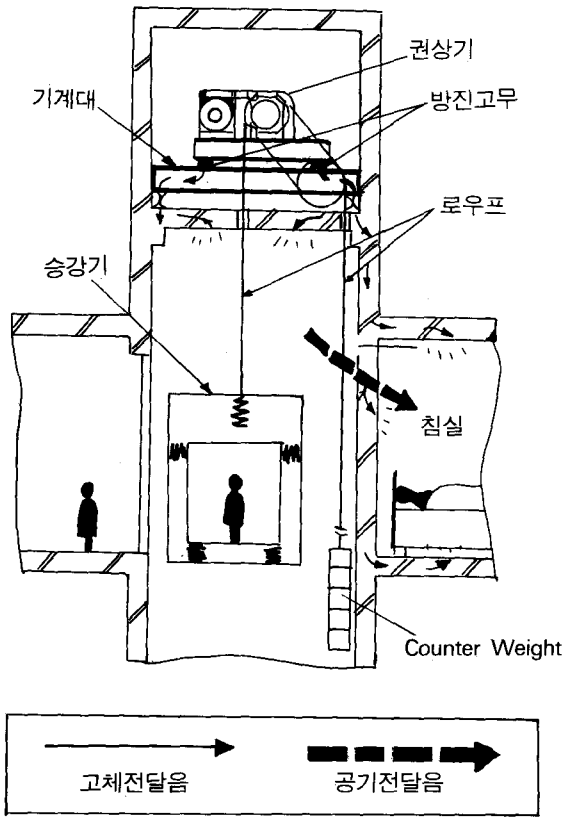
특히 중가일로에 있는 조립식주택(이하 PC주택이라함)의 경우 엘리베이터가 인접한 세대 또는 인접하지 않은 세대 모두 PC판에 의해 구획되어 실크기가 일정하므로, 만약 소음저감을 위해 엘리베이터에 인접한 세대의 벽체를 두껍게 할 경우 실의 크기가 작아져 입주자로부터 민원이 제기될 수 있으며, 엘리베이터 샤프트를 구성하는 부위에서는 2개 이상의 부재가 만나는 곳에서 틈새가 발생할 우려가 높기 때문에 기존의 현장타설식 벽식구조(이하 벽식구조라함)에 비해 차음성능상 불리하다고 볼 수 있다.

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

II. 엘리베이터 소음·진동의 전달경로 및 발생원인

[그림1]은 엘리베이터의 구성 예를 나타낸 것으로 권상기와 로우프에 의해서 CAR를 움직이는 방식이 현재 가장 많이 사용되고 있다. 권상기는 보통 2단 이상의 기계대위에 설치되어 있으며, 기계대 사이에는 방진고무를 설치하는 경우가 대부분이다.

[그림1]에서와 같이 세대내에 영향을 주는 엘리베이터 소음의 전달경로는 발생원에서 발



[그림1] 엘리베이터 구성 예와 권상기 진동의 전달경로

생된 음이 공기중을 전파하여 전달되는 공기전달음과 발생원(기계실, 승강로)에서 발생된 진동이 구조물을 타고 세대내 천장이나 벽을 통하여 세대내에서 음으로 방사되는 고체전달음의 두 종류가 있다.

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

로우프식 엘리베이터 중에서 운행속도가 120 mm/min이상으로 고속인 경우에는 가이드레일로부터 발생되는 진동이 문제가 되며, 120m/min 이하의 속도에서는 기계실 내 전동기로부터 발생되는 진동이 문제가 된다. 현재 국내 공동주택에서 사용되고 있는 엘리베이터는 운행속도가 15~20층일 경우 대부분 60m/min, 25층의 경우에는 90m/min를 사용하고 있기 때문에, 세대내 소음에 가장 크게 영향을 주는 요소는 기계실 내 권상기(전동기)로부터 발생한 진동이라 할 수 있다.

거실이나 침실에 영향을 주는 엘리베이터 소음의 발생원은 〈표1〉과 같이 기계실내 기계와 승강로 내 기계의 두가지로 구분할 수 있다.

〈표 1〉 엘리베이터 소음의 발생원인

발생원		주요원인
기계실	• 전동기	高調波 磁氣振動
	• 감속기	톱니바퀴 맞물림에 의한 진동
	• 제어반	Contactor 스위치의 동작진동
승강로	• 출입문	각 부의 동작진동
	• 가이드레일	베어링의 회전진동 레일 접합부 통과시의 진동

III. 엘리베이터 소음의 설계목표치 설정

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

1989년 대한주택공사에서 럭키개발로부터 수탁받아 연구한 "공동주택 내부소음 저감방안 연구"에서는 엘리베이터 소음의 설계목표치를 35dB(A)로 제안하고 있으며, 적정 실내소음도를 위한 외국의 기준과 비교하여 보면 〈표2〉와 같다.

일반적으로 엘리베이터 소음은 주로 진동으로부터 발생되는 불규칙적인 비정상음으로 정상적인 소음에 비해 거주자들의 소음지적률이 높으므로, 일본건축학회 허용기준인 40dB(A) 보다 1등급정도 엄격하게 적용하는 것이 바람직하다고 판단되어, 본 연구에서는 보통의 실내소음기준인 40dB(A)보다 1등급 강화한 35dB()를 엘리베이터 소음의 설계목표치로 하였다.

〈표 2〉 공동주택의 적정 실내소음도

구 분		소 음 도 dB(A)	비 고
럭키개발주식회사 (엘리베이터 소음의 설계목표치)		35	"공동주택 내부소음 저감방안 연구" '1989. 6.
대한주택공사 (급배수설비소음의 설계목표치)		40	"공동주택 내부소음 기준설정 연구(II)" '1991. 12.
미국 ASHRAE (냉난방공조학회) HUD (주택도시개발국)		35~45	낮은 목소리로 2m 이하의 거리에서 양호한 대화 가능
일 본 건 축 학 회	특급(특별)	30	차음성능 매우 양호
	1급(표준)	35	차음성능 양호
	2급(허용)	40	차음성능 대개 만족

Ⅳ. 엘리베이터 운행소음 및 진동량 실태조사

4.1 측정 및 평가방법

소음측정 방법은 일본건축학회에서 권장하고 있는 "건축물의 현장에 있어서 실내 소음레벨 측정방법"에 의거하여 1층에서 15층까지 엘리베이터를 정상운행시켰을 때 발생되는 소음에 대해서 수음실(세대내, 기계실 등)의 벽으로 부터 1m 떨어진 장소에서 주행 및 정지시에 대한 최대, 최소, 평균값을 측정하였다.

진동측정방법은 환경처고시 제 87-16호 ('87. 8. 4)에 의거 측정하였으며 1Hz~90Hz까지의 진동레벨 및 0.1Hz~2KHz 까지의 진동가속도

〈표 3〉 측 정 대 상

평면 유형	구조	엘리베이터 형식					엘리베이터 샤프트벽 및 천장구조 형식(Type)	비 고
		중량 (인승)	속도 (용량)	전압 (전류)	주파수 (RPM)	제어방식		
K-44	PC	1150Kg (17인)	60m/분 (11Kw)	380V (24A)	60Hz (1690)	교류궤환	벽 : Ⓒ 천장 : (A)	△ 엘리베이터 샤프트 벽
K-49	PC	1150Kg (17인)	60m/분 (11Kw)	380V (24A)	60Hz (1690)	교류궤환	벽 : Ⓒ 천장 : (A)	Ⓐ Type : 180옹벽+공간층+0.5B벽돌쌓기+50단열재+9석고판/벽지
K-45	벽식	750Kg (11인)	60m/분 (7.5)	380V (17.3)	60Hz (1690)	교류궤환	벽 : Ⓐ 천장 : (B)	Ⓑ Type : 180옹벽+25~30단열재+9석고판/벽지
K-39	벽식	900Kg (13인)	60m/분 (11Kw)	380V (24.7)	60Hz (1715)	교류궤환	벽 : Ⓐ 천장 : (B)	Ⓒ Type : 140PC판+25단열재+9석고판/벽지
KD-45	벽식	750Kg (11인)	60m/분 (7.5)	380V (17.3)	60Hz (1690)	교류궤환	벽 : Ⓐ 천장 : (B)	
K-99	벽식	–	–	–	–	교류궤환	벽 : Ⓐ 천장 : (B)	△ 엘리베이터 샤프트 천장구조
D형	벽식	–	–	–	–	교류궤환	벽 : Ⓑ 천장 : (A)	(A) Type : 200무근콘크리트+150슬래브
D-48	벽식	1000Kg (15인)	90m/분 (15Kw)	380V (34A)	60Hz (1670)	교류궤환	벽 : Ⓑ 천장 : (C) (진동저감형 공법사용)	(B) Type : 200경량콘크리트+150슬래브
G-48	벽식	1000Kg (15인)	90m/분 (13Kw)	170V (57A)	33Hz (960)	인 버 터	벽 : Ⓑ 천장 : (C)	(C) Type 100무근콘크리트 (와이어매쉬)+150슬래브
L-42	벽식	550Kg (8인)	60m/분 (5Kw)	170V (27A)	60Hz (1740)	인 버 터	벽 : Ⓑ 천장 : (A)	

레벨을 측정하였다.

2KHz 까지 진동을 측정한 이유는 고체음에 대한 평가를 위한 것이며, 방진고무의 효과, 기계대의 공진특성, 세대내에 전달되는 고체음의 주파수특성 등을 파악하고자 진동가속도레벨을 측정하였다.

각 실에서 소음레벨 측정결과는 실내허용소음레벨(설계목표치)과 비교하여 입주자가 엘리베이터 소음에 대하여 어떻게 느낄것인가를 평가하였다. 또한 진동레벨의 측정결과는 국내외에 설계목표치가 없어 일본의 진동규제법 제16조 1항의 규정에 근거한 지정지역내 도로교통진동의 한계인 60dB(주거지역, 야간에 적용되는 기준치임)과 비교하여 입주자가 엘리베이터 진동에 대하여 어떻게 느낄것인가를 평가하였다.

〈표 3〉은 측정대상 아파트의 엘리베이터 형식 및 샤프트벽체의 구조 등을 나타낸 것이다.

4.2 측정결과 및 분석

4.2.1 엘리베이터 소음 실태

가. 기계실에서의 소음레벨(주행시)

〈표 4〉 기계실에서의 소음레벨

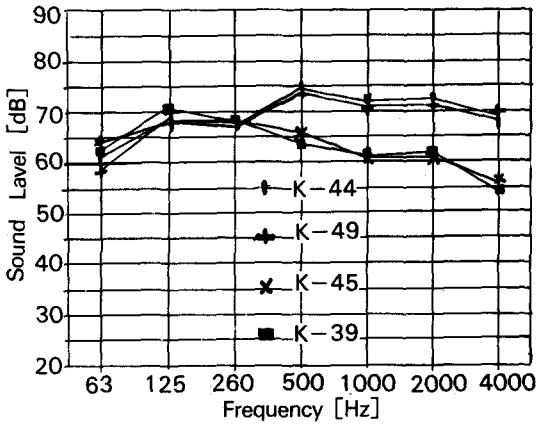
[단위 : dB(A)]

구 분		PC 구 조		벽 식 구 조	
		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	64
	냉각팬 off	48	46	–	37
엘리베이터의 용량 Capacity)		17인승 1150kg	17인승 1150kg	11인승 750kg	13인승 900kg

〈표 4〉는 소음원의 크기를 파악하기 위하여 기계실에서 소음을 측정한 결과로서 엘리베이터 정속주행시 PC 및 벽식구조기계실에서의 소음레벨은 각각 77~78, 68dB(A) 정도로 나타났으며, 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.

[그림2] 기계실 소음의 주파수 특성 (주행시)



[그림2]는 엘리베이터 주행시 각 주파수별 소음레벨을 파악한 결과로서 용량이 1150kg(17인승)인 K-44 및 K-49형에서의 주파수별 소음특성은 거의 유사한 것으로 나타났으며, 용량이 750~900kg(11~13인승)인 K-45 및 K-39형에서의 주파수별 소음특성도 유사한 것으로 나타나, 기계실에서의 소음은 주로 엘리베이터 용량에 따라 결정되어지는 전동기의 소음이 주원인임을 알 수 있다.

특히 250Hz 이하의 저주파수 영역에서는 용량이 1150Kg인 경우와 750~900Kg인 경우 거의 유사한 소음특성을 보이고 있으나, 그 이상의 주파수 영역에서는 용량이 큰 엘리베이터가 최고 약 14 dB 정도 소음레벨이 높은 것으로 나타났다.

나. 세대내에서의 층별 소음레벨

〈표5〉에서 층별 소음레벨을 살펴보면, 29~30 dB(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 방사되기 때문에 저

〈표 5〉 세대내에서의 층별 소음레벨

[단위 : dB(A)]

구분	PC 구조		벽식 구조				비 고
	K-44	K-49	K-45	K-39	D	K-49	
15층	39	39	38	34	42	37	
14층	–	–	–	33	–	–	본 측정
13층	36	37	35	–	–	–	결과는
10층	–	36	30	31	–	–	승강기
7층	–	35	30	30	35	33	인접실에
4층	–	33	–	31	–	–	서 측정된
1층	–	34	–	29	35	32	것임

층으로 갈수록 소음레벨이 점점 낮게 나타나는 경향을 보이고 있다. 따라서 엘리베이터 소음저감을 위해서는 기계실의 최적방진설계에 의해 진동원 가까이에서 차단 대책을 세워야 하며, 그 대책의 예를 V장 및 결론에서 제시코자 한다.

〈표 6〉 엘리베이터 내에서의 소음레벨

[단위 : dB(A)]

구 분	K-49형 (PC)	K-39형 (벽식)
주행시 소음레벨	54	55
정지시 Bell 소리	75	77
승강기 도어 개폐음	59	52
미운행시 소음레벨	38	40

〈표6〉은 엘리베이터 내에서의 소음레벨로서 승강기 주행시 샤프트 내에서의 소음레벨은 54~55dB(A), 정지시 Bell소리는 75~77dB(A), 승강기 도어개폐음은 52~59dB(A)로 나타나 Bell 소리가 가장 큰 소음원이었다. 벽식구조 아파트의 경우 승강로 벽이 충분한 차음성능(약 45dB)을 가지고 있을 뿐만 아니라 틈새가 없어 샤프트 내의 주행 소음(공기음)이 세대로 전달되는 양은 9~10dB(A)정도 밖에 되지 않아 소음피해가 없을 것이라 판단되나, PC구조의 경우에는 접합부위가 밀실하게 시공되지 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 40~42 dB(A)의 차음수준이 요구되며, 따라서 입주자의 쾌적한 생활을 위해서는 벨소리를 승강기 도어 개폐음보다 약간 높은 수준인 60dB(A)이하로 유지하는 것이 바람직하다고 판단된다.

4.2.2 엘리베이터 진동실태

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

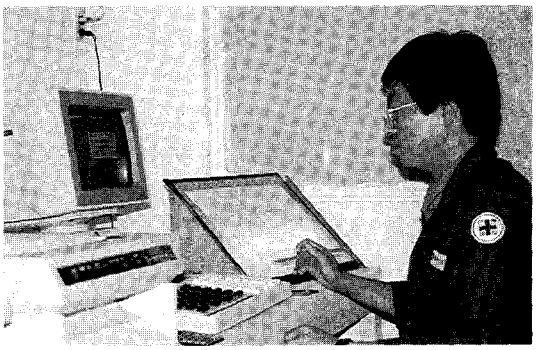
〈표 7〉 건물의 각 부위별 진동레벨

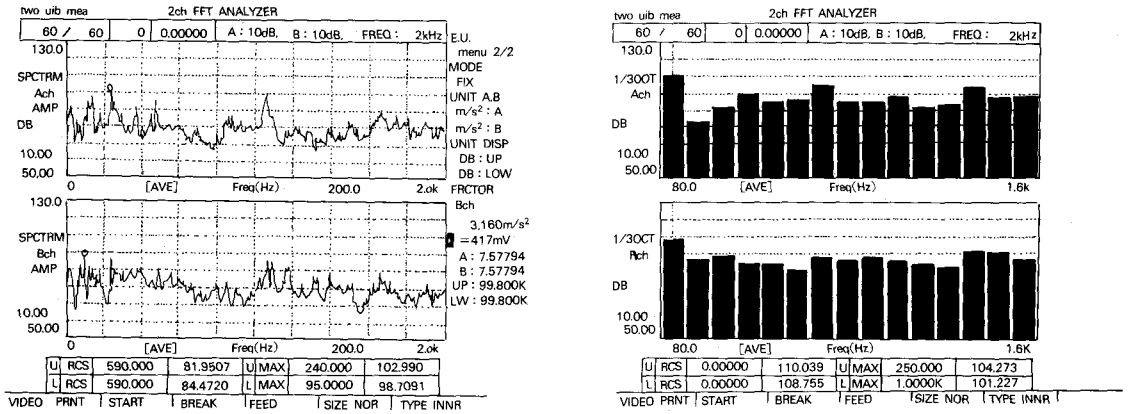
[단위 : dB]

부 위		PC 구조		벽식 구조	
		K-44	K-49	K-45	K-48
기계실	방진처리전 권상기	88	90	90	86
	1차 방진처리후 기계대 위	74	79	78	74
	기계실 바닥	48	51	55	42
세대내	15층	39	50	49	51
	13층	–	–	36	–
	10층	33	48	36	–
	7층	–	–	32	–
	4층	–	–	37	–
	1층	–	–	30	–

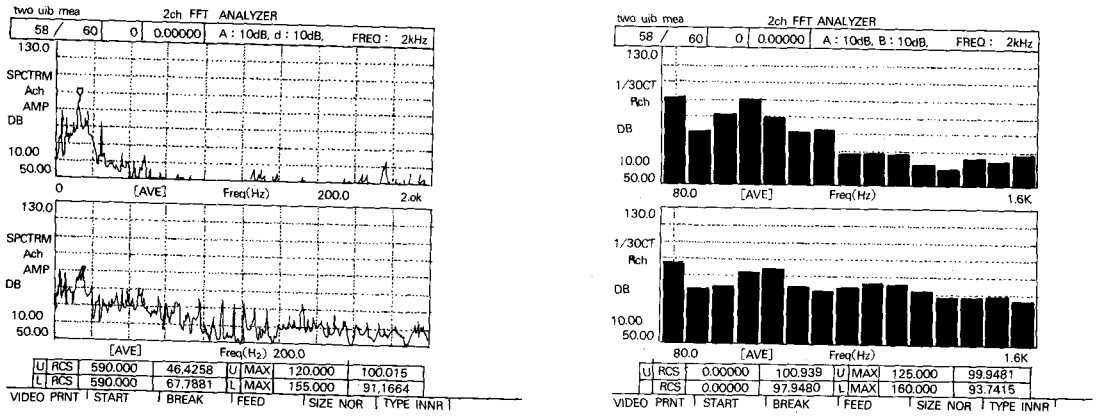
[그림4]는 방진고무 설계시 유효한 자료를 제공하기 위해 각주파수에 대한 진동레벨을 측정한 결과로서 윗그림(A ch)은 수직방향(Z축) 진동, 아랫그림(B ch)은 수평방향(Y축) 진동을 나타내고 있다. 방진처리전에는 Z축진동의 경우 240Hz에서, Y축진동의 경우 95Hz에서 최대값이 발생하고 있으며, 방진처리후에는 각각 120Hz, 91 Hz에서 최대값이 발생하고 있었다. 특히 수직방향(Z축)진동에 대해서는 500Hz 이상의 주

파수에서 방진고무의 효과가 큰 반면, Y축 방향진동에 대해서는 방진고무효과가 그다지 크지 않음을 알 수 있다. 1/3옥타브 밴드주파수별로 진동레벨을 살펴보면 125Hz대역 부근에서 진동이 가장 크게 나타났으며, 만약 이 대역이하의 진동을 작게 제어한다면 입주자는 마치 모든 주파수 대역에서 소음이 적어졌다고 느낄 수 있을 것이다.





(a) 방진처리 전(윗그림 : Z축 진동, 아래그림 : Y축 진동)



(b) 방진처리 후(윗그림 : Z축 진동, 아래그림 : Y축 진동)

[그림4] 엘리베이터 기계대에서의 진동가속도레벨

4.2.3 실태조사 결과종합

평면 유형	기동시 소음레벨			운행시 소음레벨			설계 목표치 dB(A)	판 정	기동시 진동레벨		운행시 진동레벨		설계 목표치	판정
	최상층	10~13층	7층	최상층	10~13층	7층			최상층	10~13층	최상층	10~13층		
K-44	39	–	–	38~39	38~39	–	35	△ 약간의 개선이 필요함	35~39	29~33	32~38	27~31	60	○
K-49	39	–	37	38~39	37~39		35	△	34~50	30~48	32~41	27~45	60	○
K-45	–	–	–	33~36	30~32	–	35	○						
K-39	36	–	–	33~34	–	–	35	○						
KD-45	주변소음으로 인해 측정 불가													
K-99	37					33	35	○						
D형	42					35	35	×						
D-48	42~43	–	–	37~40	–	–	35	×	20~43	–	20~43	–	60	○
G-48	42			41~42			35	×	25~40	–	25~40	–	60	○
L-42	34			33~34			35	○	22~24	–	22~24	–	60	○

결과분석 : ①PC아파트인 K-44, K-49형은 엘리베이터 소음레벨이 37~39dB(A)로 나타나, 설계목표치 35dB(A)보다 낮은 소음레벨을 유지하기 위해서는 2~4dB(A)의 차음성능 개선이 요구됨.
②공공아파트 벽식구조인 K-45, K-39형은 33~36dB(A)로 나타나 설계목표치를 거의 만족함.
③민간아파트인 D-48, G-48형은 설계목표치보다 다소 높아 개선이 요구됨.
④진동레벨은 모두 50dB이하로서 설계목표치 60dB보다 10dB정도 작아 진동문제는 발생되지 않을 것이라 판단됨.

4.2.4 영향요인별 엘리베이터 소음 및 진동레벨 비교

가. 건축구조형식에 따른 변화

구조	평면 유형	제어방식 (인승/RPM)	엘리베이터샤프트벽 및 천장구조	최상층 소음레벨		최상층 진동레벨	
				기동시	운행시	기동시	운행시
PC	K-44	교류궤환 (17인/1740)	벽 : 140PC판+25단열재+9석고판/벽지 천장 : 200무근콘크리트+150슬래브	39	38~39 (39)	35~39 (37)	32~38 (34)
	K-49	상동	벽 : 140PC판+25단열재+9석고판/벽지 천장 : 200무근콘크리트+150슬래브	39	38~39 (39)	34~50 (42)	32~41 (40)
벽식	L-42	인버터방식 (8인/1740)	벽 : 180옹벽+20단열재+9석고판/벽지 천장 : 200무근콘크리트+150슬래브	34	33~34 (34)	22~24 (21)	22~24 (21)
	D-48	교류궤환 (15인/1670)	벽 : 180옹벽+30단열재+9석고판/벽지 천장 : 100무근콘크리트(와이어메쉬) 150슬래브 (진동저감형공법 사용)	42~43 (43)	37~40 (38)	20~43 (38)	20~43 (34)
	K-39	교류궤환 (13인/1715)	벽 : 180옹벽+공기층+0.5B+50단열재+9석고판/벽지 천장 : 200무근콘크리트+150슬래브	36	33~34 (34)	–	–

결과분석 : ①엘리베이터 샤프트 벽 및 천장의 구조가 유사한 K-44와 벽식구조 L-42형의 실내 소음레벨을 비교하면 L-42형이 다소 유리하며, 진동레벨은 16~21dB 유리함.
②K-49형에 비해 천장의 두께가 100mm 얇은 D-48형의 경우는 기동시에는 K-49형 보다 불리하나 운행시에는 유리한 것으로 나타남.
③승강기벽이 이중벽 구조로된 K-39형은 PC아파트 보다 3-5DdB 유리하게 나타남.

나. 엘리베이터 제어방식에 따른 변화

제어방식 (인승/RPM)	구조	평면 유형	엘리베이터샤프트벽 및 천장구조	최상층 소음레벨		최상층 진동레벨	
				기동시	운행시	기동시	운행시
교류궤환 (15인/1670)	벽식	D-48	벽 : 180옹벽+30단열재+9석고판/벽지 천장 : 100무근콘크리트(와이어메쉬) +150슬래브 (진동저감형공법 사용)	42-43 (43)	37-40 (38)	20-43 (38)	20 43 (34)
인버터방식 (8인/1740)		L-42	벽 : 180옹벽+20단열재+9석고판/벽지 천장 : 200무근콘크리트+150슬래브	34	33-34 (34)	22-24 (21)	22 24 (21)
인버터방식 (15인/960)		G-48	벽 : 180옹벽+30단열재+9석고판/벽지 천장 : 100무근콘크리트+150슬래브	42	41-42 (41)	25-40 (31)	25 40 (31)

결과분석 : 교류궤환 방식이 인버터 방식에 비해 다소 불리하다고 판단됨.

다. 엘리베이터 샤프트 구조에 따른 변화

엘리베이터샤프트벽 및 천장구조	구조	평면 유형	제어방식 (인승1RPM)	최상층 소음레벨	
				기동시	운행시
벽 : 180옹벽+공기층+0.5B+50단열재+9석고판/벽지 천장 : 200경량콘크리트+150슬래브	벽식	K-45	교류궤환. (11인/1690)	–	33~36
상동		K-39	교류궤환 (13인/1715)	36	33~34 (34)
벽 : 180옹벽+20 G.W+9석고판/벽지 천장 : 200무근콘크리트+150슬래브		D형	교류궤환	42	–

결과분석 : ①엘리베이터 샤프트벽의 구조가(옹벽+공기층+0.5B벽돌+석고판)으로된 K-45, K-39형은 (옹벽+단열재+석고판)으로 된 D-48, D형보다 6dB(A) 실내소음레벨이 낮았음.

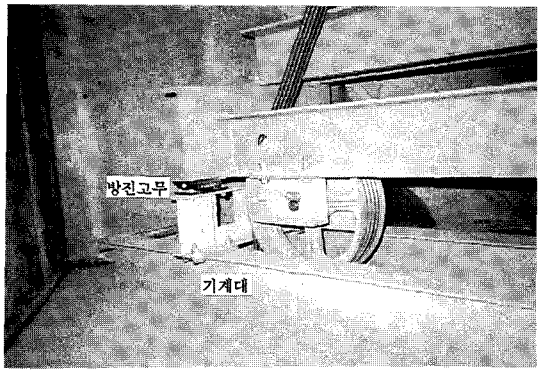
라. Layout 변경할 때 기대되는 소음레벨변화

평면유형	수음장소	125	250	500	1000	2000	4000	dB(A)	비 고
D형	15층 자녀실	46	46	36	35	30	32	42	엘리베이터 샤프트에 인접해 있는 실과 그렇지 않은 실과는 8dB(A)의 차이가 발생하고 있음.
	15층 거실	44	35	30	25	22	25	34	

마. 기계대 설치방법별 진동레벨변화

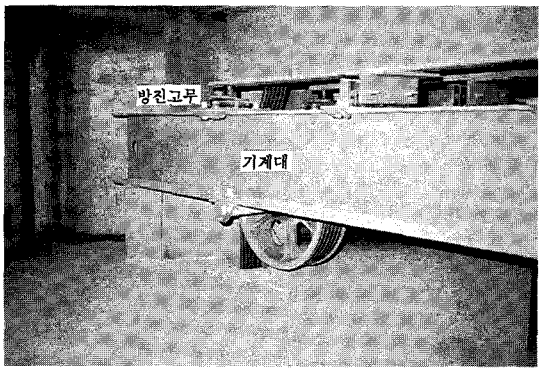
기계대설치 방법	기계실 바닥구조	구조	평면 유형	제어방식 (인승/RPM)	기계실바닥 진동레벨	
					기동시	운행시
기계대를 바닥에 매립 (사진1 참조)	200경량콘크리트+150슬래브	PC	K-44	교류궤환 (11인/1690)	40~48 (44)	38~44 (42)
	상동		K-49	교류궤환 (13인/1715)	43~51 (48)	45~50 (47)
바닥에 I beam을 매립후 기계대 설치 (사진2 참조)	100무근콘크리트(와이어메쉬) +150슬래브 (진동저감형공법 사용)	벽식	D-48	교류궤환 (15인/1670)	38~44 (41)	38~44 (38)

결과분석 : 기계대를 바닥에 매립한 K-44, K-49형에서는 진동레벨이 평균 42~48dB(A)로 나타났으며, 바닥에 I beam을 매립한 후 그 위에 기계대를 설치한 경우는 38~41로 나타났으며, 약 4~7dB(A) 약 4~7dB(A) 개선된 것으로 나타남



[사진 1] 기계대를 바닥에 매립

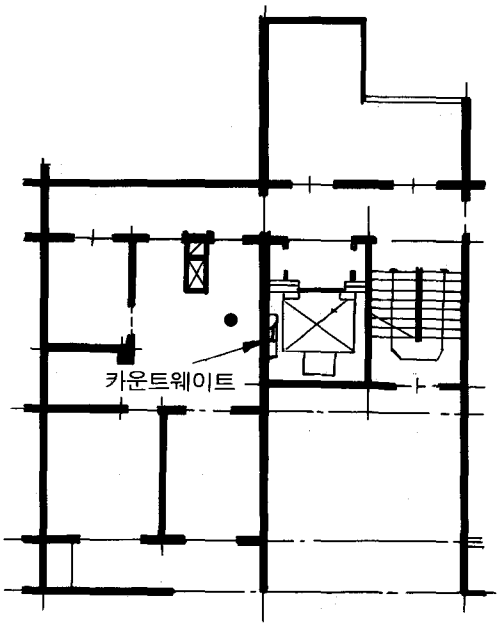
[사진2] 바닥에 I beam을 매립한 후 기계대 설치



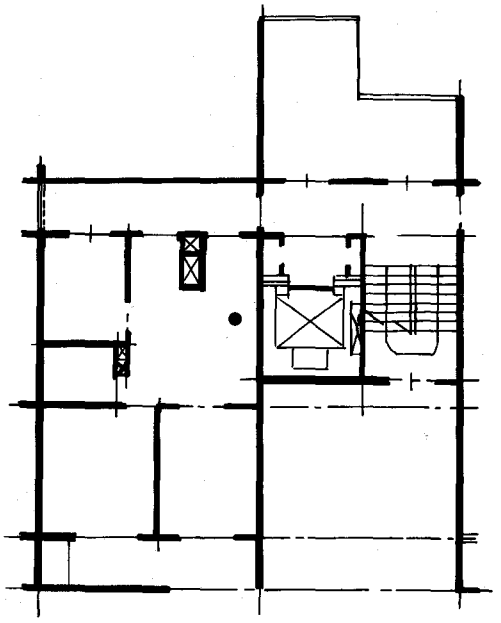
I beam위에 기계대를 설치할 경우 음의 전달면적은 매립형보다 적으나, beam자체는 콘크리트보다 음의 전달이 용이하므로 콘크리트 돌출보를 설치하고 접합부는 고무판등으로 방진처리하는 것이 바람직함

V. 저감공법 검토

엘리베이터 주행시 소음 및 진동의 실태를 조사·분석한 결과, 엘리베이터에 인접한 침실 및 거실로 전달되는 소음에 영향을 주는 주요 가진원(加振源)은 권상기로 부터 발생되는 진동에 의한 고체음임을 확인 하였다. 단 PC주택의 경우는 승강기벽의 접합부 틈새로 공기음이 전달되고 있었다. 따라서 이러한 권상기의 가진력을 전달경로 상에서 제어하는 방안 및 샤프트 벽의 공기음차단방법을 중심으로 검토 하였다.



카운트웨이트가 세대와 인접한 경우



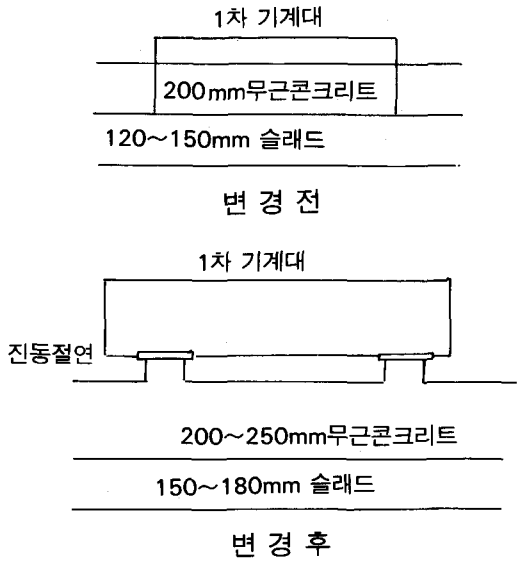
카운트웨이트가 계단실과 인접한 경우

5.1 건축계획 및 구조설계시 고려사항

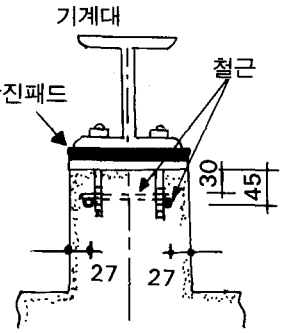
① 엘리베이터 기계실은 단면도상 주택상부를 피하고 가능한 침실과 격리시켜 배치한다. 단, 기계실의 설치면적이 엘리베이터 샤프트 상부만으로 부족한 경우에는 계단실 등의 상부를 확장하여 이용하도록 한다.

② 카운터 웨이트는 세대와 인접된 벽면을 피하여 계단실이나 외벽쪽에 설치한다.

③ 기계실 바닥의 총 슬래브두께는 가능한 350 mm 이상 등으로 하여 중량으로 인한 진동흡수 효과를 충분히 갖게하고 슬래브 면적이 15㎡이하가 되도록 보를 설치한다. 또한 콘크리트타설시 바닥면에 그림과 같이 돌출보(높이 100mm 이상)를 설치하고 접합부는 방진판등을 사용하여 진동절연한 후 그 위에 기계대를 설치한다.

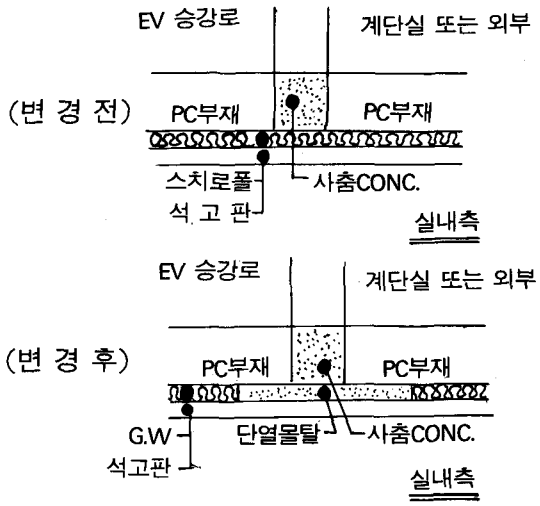


실시설계 예)



④ 엘리베이터 샤프트벽은 인접 주호로 음향방사를 억제시키기 위하여 두께 180mm 이상을 확보하는 것이 이상적이나 그렇게 시공하지 못할 경우에는 엘리베이터 샤프트 벽에 인접한 세대내에 독립차음벽 등을 설치하여 충분한 차음성능을 갖게하며, 특히 틈새가 발생하지 않는 공법이어야 한다.

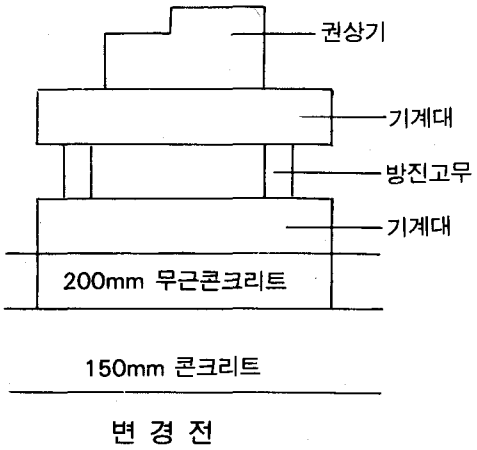
⑤ 샤프트벽의 접합부위는 사춤콘크리트 밀실시공하고, 특히 PC주택의 경우 3개이상의 부재가 만나는 부위의 실내측에서 밀실한 단열몰탈 사용



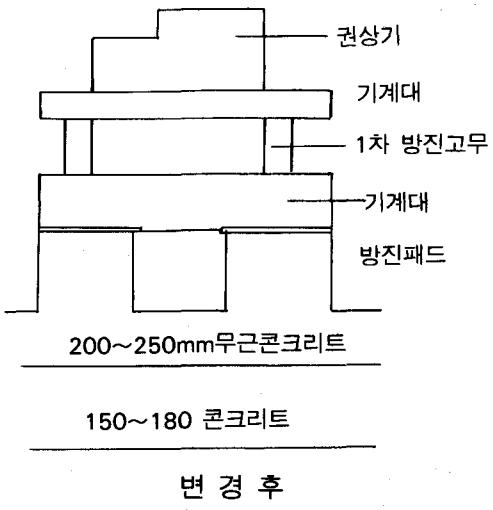
5.2 권상기 등의 설치시 고려사항

① 권상기는 방진고무 등을 이용하여 방진지지하고 이때 엘리베이터 전체의 1차 고유진동수는 20Hz이하로 한다.

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



변 경 전



변 경 후

③권상기 설치용 기계대(machine beam)는 벽면에 매립되지 않도록 하며 보 상부와 같은 강성(剛性)이 높은 부분에 지지하도록 한다.

④방진재의 지지점은 엘리베이터 주행시 편심이 생기지 않도록 하고, 각 방진재는 등분포 하중이 되도록 위치를 결정한다.

5.3 기타사항

① 엘리베이터 제어방식은 저진동, 저소음형을 선택한다(예 : 교류궤한방식에서 인터방식으로)

② 가이드레일 이음부의 단차는 전면방향의 경우 0.05mm 이하로 하고 가이드레일과 벽체의 접촉부는 가능한 경우 방진처리한다.

③ 엘리베이터 샤프트벽은 수직 시공오차를 최소화하여 가이드레일에서 발생하는 소음을 저감하도록 한다.

④ 엘리베이터 정지시 벨소리는 60dB(A)이하로 한다.

⑤ 제어반의 마그네틱 스위치의 진동이 큰 경우는 방진처리하며, 공진주파수는 20Hz 정도로 한다.

⑥ 암면뿜칠 등에 의해 승강로내의 소음을 감소시킨다.

Ⅵ. 결론 및 건의

6.1 소음저감대책(안)

Ⅳ장의 실태조사에 의하면 엘리베이터 속도가 분당 60m인 PC아파트에서 세대내의 소음이 37~39dB(A)로 나타나, 설계목표치 35dB(A)이하로 되기 위해서는 2~4dB(A)의 차음성능 개선을 위한 대책이 필요하다. 또한 벽식구조에서는 공공아파트의 경우 설계목표치이하가 되지만, 민간아파트의 경우는 40~43dB(A)로 나타나 PC구조와 마찬가지로 개선을 위한 저감대책이 필요하다.

대책으로는 기계실로부터 구조체를 통해전달되는 고체음 대책과 샤프트안에서 접합부 죠인트(틈새)를 통해 전달되는 공기음 대책으로 크게 나눌 수 있다.

본장에서는 v장에서 고찰한 여러가지 저감공법중 현행설계여건을 고려하여 PC아파트, 벽식아파트에 적용할 수 있는 가장 효과적인 (안)을 제시하고자 하였다.

가. PC주택의 엘리베이터기계실바닥 및 승강로 설계방안 예시

개 선 이 요 구 되 는 사 항	소음저감 예 상 치	건 의
①기계실바닥스래브위의 무근콘크리트타설시 돌출보를 만들고 기계대와의	3~6	①은 기계실로부터 전달되는

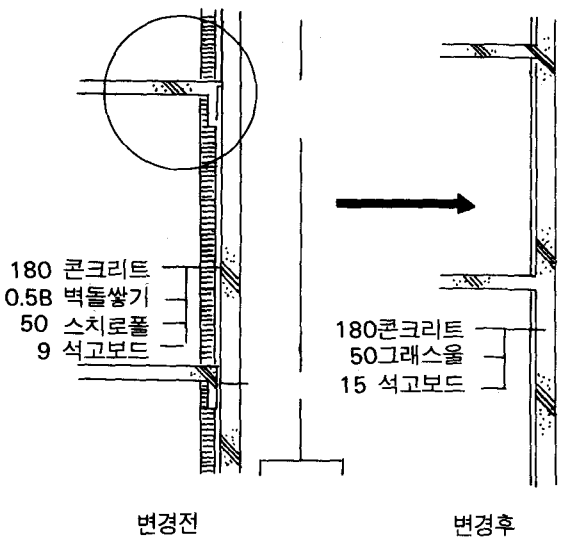
합부를 방진처리(4장 가의 3항 참조) ②샤프트벽의 접합부위는 사춤콘크리트 밀실시공 하고, 3개이상의 PC부재가 만나는 부위는 스치로폴 대신 단열몰탈로 변경 ③엘리베이터 정지시 벨소리는 60dB(A)이하가 되도록 변경	dB(A) 3~4 dB(A) –	고체음방지를 위해, ②,③은 승강로로 부터 전달되는 공기음 대책을 위해 개선이 요구됨
권장사항		
①엘리베이터카운트웨이트의 위치는 가능한 세대와 인접한 곳에 두지말고 계단실이나 외벽등에 인접하여 설치 ②접합부의 정밀시공에 대한 시방 작성 ③엘리베이터 기계실은 단면도상 주택상부를 피하고, 평면도상에서는 가능한한 침실과 격리시키고, 계단, 화장실, 다용도실, 거실 등과 인접하게 배치 엘리베이터 기계대가 벽면에 매립되지 않도록 시공		

※ 고속엘리베이터의 경우(분당속도 90cm이상으로 16층이상의 아파트에 사용) 기계대의 고체음차단을 위해 2중방진설계를 하고 승강로벽도 이중 PC판넬 구조로 변경

※ 소음저감예상치는 실태조사결과 및 기존문헌을 분석하여 유추한 결과임.

나. 벽식아파트의 엘리베이터기계실바닥 및 승강로 설계방안

- PC주택의 대책(안) ①·③안을 적용하는 대신 시공성향상을 위해 현행 승강로 벽체 구조를 (180옹벽+글래스울+15 석고판/벽지)로 변경 : 원가절감 및 시공성 향상



엘리베이터 승강로 단면

- 고속엘리베이터의 경우(분당 속도 90m이상)는 샤프트벽의 구조는 이중벽구조로 하고 엘리베이터 기계실은 PC주택대책(안)의 ①, ③을 적용

5.2 PC주택 엘리베이터 소음방지를 위한 설계지침서(안)

가. 건축계획(승강로 및 기계실)

- 엘리베이터 코아와 인접하는 벽체는 차음, 단열을 고려하여 공간벽 또는 샌드위치판 설치 등 차음, 단열 설계
- 엘리베이터 소음방지를 위하여 승강로 및 기계실은 다음과 같이 계획, 설계 및 차음시설 설치
  - 승강로 내에는 인접세대와 차음시설
  - 기계실은 기계대의 이중방진, 기계대 설치용 돌출보 등에 의한 방진 및 방음대책 강구
  - 접합부의 사춤콘크리트는 밀실한 시공이 가능토록 설계
  - 엘리베이터 카운터웨이트는 가능한 한 세대와 인접하지 않게 설치
  - 결로방지를 위해 사용되는 단열재는 폴리스티렌폼 이외의 글래스울 또는 단열몰탈 등을 사용하여 방음에도 유리하도록 설계

나. 전기설비 계획(승강기설비 부분)

- 승강기의 속도제어방식은 인버터 제어방식 채용
- 로우프 관통부위의 축소 및 고무판설치 등 충분한 방지대책 강구
- 기계대와 돌출보가 접하는 부위는 방진패드 등으로 절연

- 엘리베이터 정지시 벨소리는 60dB(A) 이하가 되도록 조정.

Ⅶ. 향후 연구방향

본 연구는 3개월간의 짧은 기간동안 엘리베이터의 소음 및 진동에 영향을 미치는 여러요인을 검토하여 저감대책을 제시하고자 하였으나, 엘리베이터의 소음 및 진동측정이 입주 바로전의 현장에서 생활소음 및 주변도로소음이 거의 없는 상태에서 이루어져야 하는 특수성 및 국내 엘리베이터 시방의 유사성 등으로 현장실태조사에 의한 영향요인 검토에 한계가 있었으며, 따라서 본 연구에서는 외국의 연구논문과 현장실태조사결과를 분석하여 저감대책을 제시하였다. 따라서 앞으로 계속적인 실태조사 및 본 연구에서 제안한 저감대책을 현장에 시험시공하여 평가하는 작업이 계속 이루어 져야 한다고 판단된다. 또한 저감공법중 시공원가의 상승이 비교적 적으며 고체음차단에 유효한 방법이라 생각되는 2중방진처리 공법은 잘못된 설계에 의해 적용될 경우(예 : 1차 및 2차 방진고무 두께의 합이 70 mm이상이며, 스프링계수가 아주 낮을 때)는 과다한 유동성으로 인해 엘리베이터 카가 흔들리는 등 공진현상 발생으로 오히려 불리한 경우가 있으므로 앞으로 최적설계를 위한 연구가 계속되어야 한다고 판단된다.

참고문헌

1. 横田達, 杉山美樹 : エレベ-タの 騷音, 三菱電氣報, 34, NO 9, 1983
2. 杉山美樹, 成田正夫 : エレベ-タの 振動解析, 三稜電氣報, 57, NO 6, 1983
3. 嘩道佳明 外 3人 : 昇降時におけエレベ-タ ロ-ブの横振動, 日本機械學會論文集, 58卷 545號 1992
4. 立林昌弘 : 集合住宅エレバ-タ 設備消音對策の研究, 住宅都市整備工團 住宅都市試驗研究所 調査研究期報, NO88, 1988

하자와 보수

인버터 구동의 가변속 급수펌프의 소음 트러블

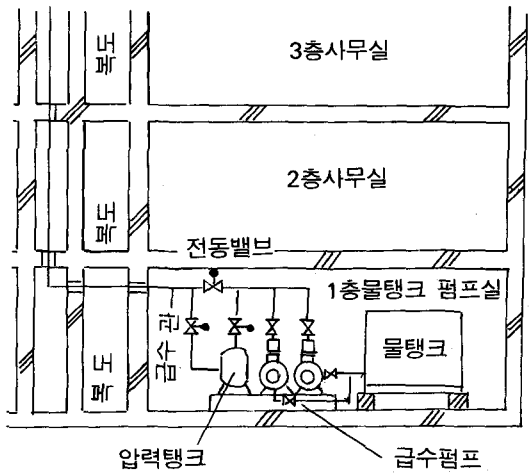


그림-1