

TROUBLE-SHOOTING^o

엘리베이터 소음진동

1 서론

최근 인구의 과밀화와 이에 따른 지가의 상승 등으로 대표적 인 주거용 빌딩인 아파트의 고층화가 급속하게 진행되고 있고, 그에 따라 아파트에 설치되는 엘리베이터도 점차 대형화, 고속화 되어 15층 아파트의 경우 11인승(60m/min), 20층 아파트의 경우 17인승(90m/min)이 주로 사용되고 있다. 이와 같이 엘리베이터의 대형화, 고속화와 아울러 안전성과 정숙한 승차감에 대한 요구도 날로 증가하고 있으며, 부가적으로 엘리베이터 기계실이 위치한 최상층 인접세대에서의 정온한 환경에 대한 인식도 높아지고 있다.

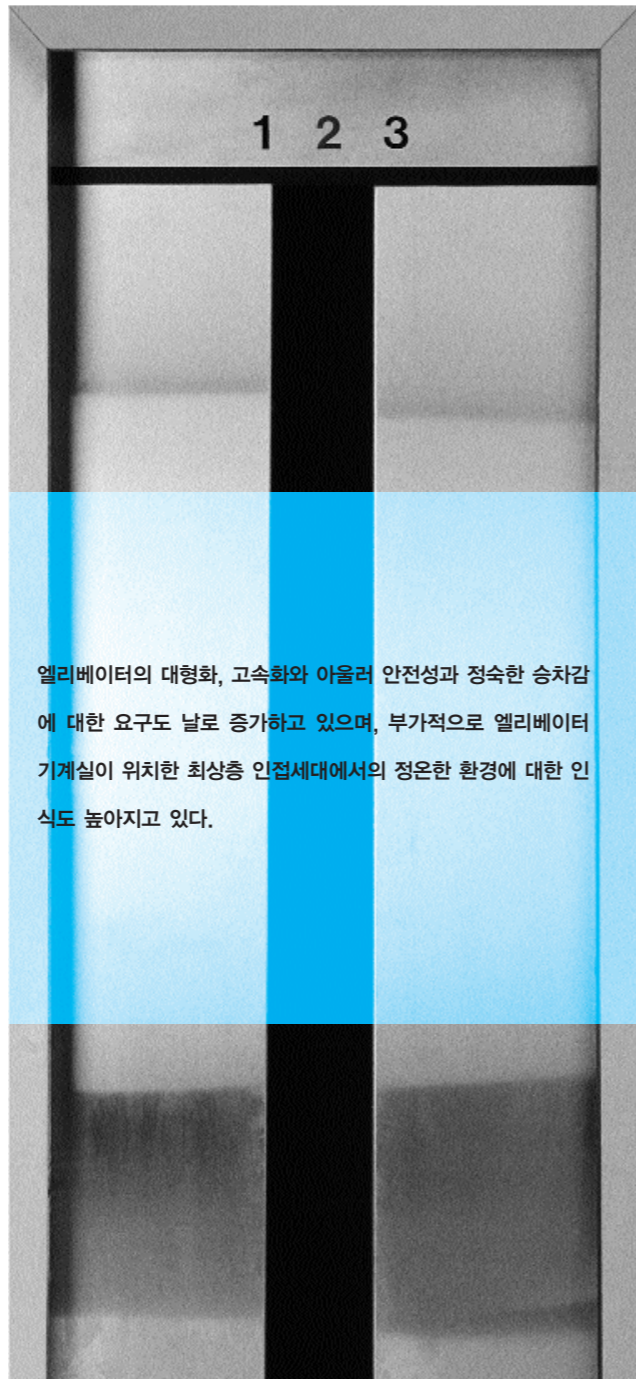
아파트의 침실, 거실 등은 가족의 휴식처로서 매우 정온한 환경을 필요로 한다. 최근에 많이 건설되고 있는 고층아파트에는 고속 엘리베이터가 설치되고 공간절약 및 구조적 기능 등으로 인하여 승강로가 침실이나 거실에 인접한 설계가 많이 채택되고 있다. 이러한 고층아파트의 엘리베이터 기계실 인접 세대에서는 엘리베이터 가동에 의한 공기전달음 및 고체전달음이 문제가 될 수 있으며, 특히 암소음이 매우 적은 야간의 엘리베이터 소음은 수면 방해 및 집중력 저하 등을 일으켜 입주자들의 불만이 야기될 수 있다.

본 고에서는 엘리베이터의 진동 및 소음의 발생원인 및 대책에 대한 일반적인 내용을 살펴보고, 입주완료 후 엘리베이터 소음이 문제가 된 아파트에서 소음 발생원인을 측정 분석하고 저감 대책을 수립 적용한 후 그 성능을 확인하고, 이 대책안을 추후 건설될 아파트의 엘리베이터 소음 저감대책으로 설계단계에서부터 적극 고려될 수 있도록 제시하고자 한다.

2 엘리베이터 소음·진동

2.1. 엘리베이터의 종류 및 원리

“승강기”라 함은 건축물, 기타 공작물에 부착되어 일정한 승

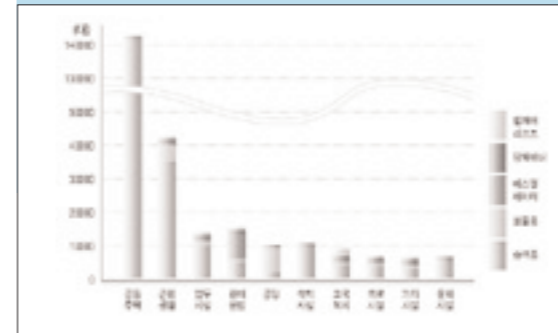


엘리베이터의 대형화, 고속화와 아울러 안전성과 정숙한 승차감에 대한 요구도 날로 증가하고 있으며, 부가적으로 엘리베이터 기계실이 위치한 최상층 인접세대에서의 정온한 환경에 대한 인식도 높아지고 있다.

강로를 통하여 사람이나 화물을 운반하는데 사용되는 시설로서 엘리베이터, 에스컬레이터 등 산업자원부령으로 정하는 것을 말한다.

이 중 엘리베이터의 경우 <그림 1>에 나타나 있는 것과 같이 각 건물용도별 설치현황을 살펴보면 공동주택이 전체의 60% 이상을 차지하고 있으며, 그 중 승객용이 95% 이상으로 공동주택에서 엘리베이터에 의한 소음·진동 민원이 많을 수 밖에 없는 필연적인 이유가 되고 있다.

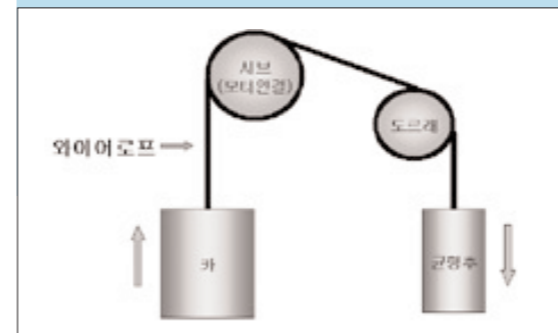
■ 그림 1. 건물용도별 설치현황



엘리베이터는 구동방식에 의하여 로프식, 유압식, 리니어 모터식, 스크류식, 랙·피니언식 등으로 구분되며, 속도에 의하여 40m/min 이하의 저속, 60~105m/min 정도의 중속, 120~300m/min 정도의 고속, 360m/min 이상의 초고속으로 구분되고, 제어방식에 의해서는 로프식의 경우 교류와 직류로, 유압식의 경우 유압유량 제어방식과 인버터 제어방식 등으로 구분할 수 있다.

현재 일반적으로 가장 많이 사용하고 있는 방식은 로프식 중 트렉션식 구동방식으로, <그림 2>와 같이 전동기 출력축과 감속기 입력축을 커플링으로 연결한 구조의 권상기 출력축에 시브가

■ 그림 2. 로프식-권상식 승강기의 일반적인 원리



연결되고 또한 간격 유지를 위해 적당한 위치에 도르래를 연결한 후 와이어 로프를 시브와 도르래에 걸쳐 한쪽에는 카를 매달고 반대쪽에는 균형추를 매달아 전동기의 회전에 의해 감속기축에 있는 시브를 정·역회전시켜 카를 승·하강 운행하는 구동방식을 말한다.

또한, 최근에 가장 일반적으로 이용되는 로프식에서의 제어 방식은 가변전압-가변주파수제어(VVVF : Variable Voltage - Variable Frequency)방식이며, 이 방식은 권상 전동기에서 발생하는 속도와 토크가 전압과 주파수의 변화에 따라 그 값이 변화하면서 구동되는 방식이다.

2.2. 소음·진동의 발생원인 및 대책

1) 소음원으로서의 소음·진동 대책

엘리베이터에서 발생하는 소음의 종류를 살펴보면 로우프의 공진, 송풍기 소음, 가이드 레일의 소음, 권상기 소음 등이 있으며, 이들 소음은 속도의 변화에 따라 더욱 크게 될 수 있다.

① 로우프의 공진

승강기 구동시스템의 불균형으로 인한 진동이 로우프의 공진을 일으켜 발생하는 소음으로 공진상태의 진단을 정확히 하여 그 원인을 제거함으로써 공진을 최소화할 수 있다.

② 송풍기 소음

엘리베이터의 카 내부 공조덕트로부터의 소음으로 덕트 내부의 필요 정압을 불필요하게 크지 않게 하고 덕트 내에서 와류의 발생을 막기 위하여 급격한 구부림을 피해야 한다.

③ 가이드레일과 가이드슈의 접촉소음

운전 중 카와 레일, 균형 추와 레일의 마찰로 인한 소음, 레일 이음매 부위의 단차로 인한 소음, 베어링의 회전소음 등이 있으며, 소음의 저감을 위하여 레일과 샤프트 사이에 방진고무를 넣을 수도 있으나 승강로 내부에 고무 등의 가연물을 사용할 수 없다는 소방당국의 지도로 어려운 실정이다.

④ 권상기 소음

엘리베이터의 가속 및 감속시 전동기의 동력을 치차를 통하여 필요한 속도로 가속, 감속을 하게 되며, 이 때 부하의 변화로 인하여 치차축의 휨, 변형 등의 원인으로 인한 치차의 진동이 하우징을 통하여 지지부를 거쳐 외부로 전달되는 소음으로 이의 저감을 위하여 치차 제작의 정밀도 유지 및 조립시 정밀도 유지가 필요하며, 또한 치차의 설계시 저진동 및 저소음 헬리컬 치차에 대한 정밀설계가 요구된다.

2) 전달경로에 따른 소음·진동 대책

엘리베이터의 발생소음은 전달경로에 따라 공기전달음과 고체전달음으로 구분할 수 있다.

① 공기전달음 저감대책

기계실의 기기 또는 승강로에서 발생하는 소음이 승강로 또는 거실의 틈새를 통하여 공기의 밀도변화에 의하여 전달되는 소음으로 이의 대책으로 커버의 설치, 통과 구멍크기의 축소, 벽두께의 증가, 흡음을 위한 흡음재의 시공방법 등이 있다.

② 고체전달음 저감대책

엘리베이터 소음의 대부분을 차지하는 것으로 알려져 있으며, 구동기기의 진동이 구조체를 통하여 건축구조물 또는 벽에 전달되어 소음의 형태로 전달되는 진동으로 이의 방지를 위하여 진동의 차단, 제동 및 전달계 특성의 개선 등이 있다.

③ 건축재료에 의한 대책

진동에 의하여 전달되는 유형은 종파, 횡파, 굴곡파의 3종으로 소음의 차단을 위하여 투과손실이 큰 재료의 선택이 필요하며, 무거운 재료와 고주파일수록 투과손실을 크게 할 수 있다.

소음차단을 위한 대책을 수립할 때 국부 소음원에 대한 소음 차단을 위해서는 커버가 필요하며, 이 때 커버의 내부는 흡음재로 시공하는 것이 효과적이다. 또한 차단능성이 상이한 재료의 조합시 투과손실의 합계를 계산하여 틈새 및 재료가 투과손실에 영향을 적게 하도록 최소값을 찾는 것이 요구된다.

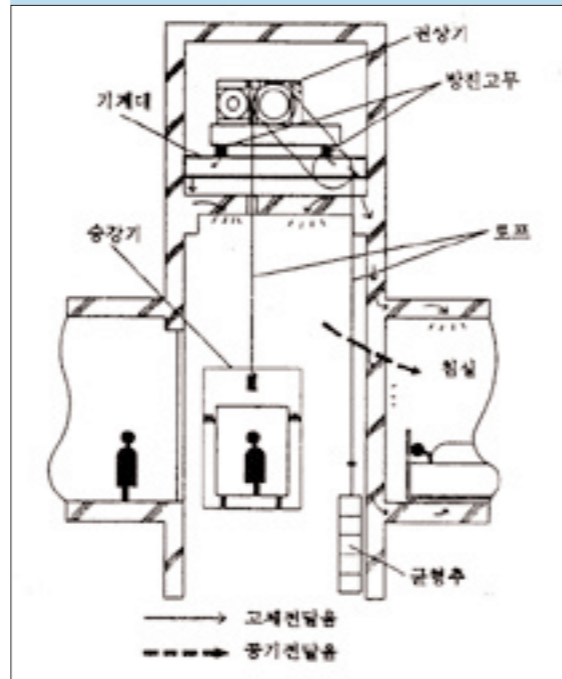
④ 흡음재료에 의한 대책

흡음은 음파의 에너지를 흡음재를 이용하여 열에너지로 변화시키므로 면적이 클수록, 실내공간이 클수록 음압레벨이 저하될 수 있으며, 이는 고주파음의 소음대책으로 적합하다. 일반적으로 음원에 가까운 음압레벨은 직접 음원에 의하여 결정되지 않고, 벽의 영향으로 일정 거리 떨어진 점의 값에 의하여 결정되므로 음압레벨을 감소시키기 위해서는 실내정수를 크게 하여 음압레벨을 낮추는 것이 바람직하다.

⑤ 방진재에 의한 대책

<그림 3>과 같이 소음원인 권상기, 레일 등의 하중 지지점에 방진고무를 넣음으로써 이중방진을 하는 방법으로 건축물과 접촉부분을 최소화하여 진동전달량을 최소화하여 콘크리트 슬래브의 진동수와 권상기의 진동수와의 공명에 따른 소음을 방지할 수 있다.

■ 그림 3. 권상기 소음·진동의 전달경로



3) 진동방지대책

엘리베이터는 설치하는 장소가 인간의 생활공간과 매우 밀접한 관계를 갖고 있으므로 환경적인 진동방지대책을 수립해야 한다. 방진대책으로는 <표 1>과 같이 진동원 대책, 전달경로 대책, 수신원 대책으로 분리하여 생각할 수 있다.

4) 소음진동 방지대책 요약

- ① 권상기는 방진고무 또는 방진스프링 등을 이용하여 방진 지지한다.
- ② 권상기 설치용 보(Machine Beam)는 벽면에 매립되지 않도록 하고 바닥판에서의 지지는 보 상부와 같은 강성이 높은 부분에서 한다.
- ③ 가이드레일의 단차는 전면방향의 경우 0.05mm 이하로 하고 가이드레일과 벽의 접촉부는 방진처리한다.
- ④ 엘리베이터 샤프트 벽은 수직시공오차를 최소화한다.
- ⑤ 기계실 바닥은 슬래브 두께를 180mm 이상으로 하고 슬래브 면적이 15m² 이상이 되도록 보를 설치한다.
- ⑥ 기계실 벽면은 두께 150mm 이상으로 하고, 엘리베이터 샤프트 벽은 두께 200mm 이상을 확보하도록 한다.

■ 표 1. 진동대책별 적용방법

대 책	적용방법	구체적인 사례
진동원	진동기 제어방법	제어방법에 대한 충격성 배제 - 인버터방식(VVF)
	브레이크 제어방법	전자, 유압 브레이크
	권상기 구동방법	무기어방식
	완충기의 적정설계	스프링, 유압 완충기
전달경로	균형추의 적정설계	균형추의 하중, 진동모드
	기계설치대의 진동절연	방진고무와 코일스프링 등
	가이드레일의 진동절연	- 정확한 설계 및 적용
	완충기의 적정설계	스프링, 유압 완충기
수신원	승강로의 적정설계	승강로의 내진동 특성
	주변 사용용도 고려	이중바닥구조 벽체 진동절연 진동저감재 적용

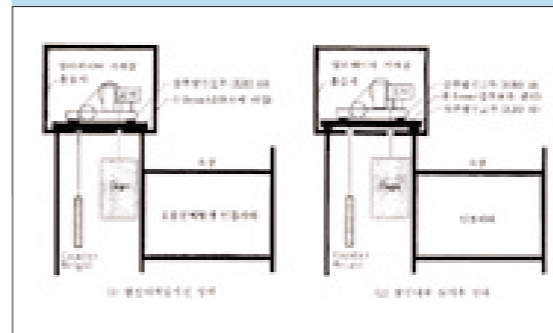
3 엘리베이터 방진설계

3.1. 사례-1 : 권상기 이중방진

1) 방진대책 개요

엘리베이터 기계실에 인접한 세대에서의 소음은 주로 고체 전달음으로 이는 엘리베이터 기계진동이 건물의 슬래브, 벽 등의 구조체를 통하여 전달되고 이 진동이 세대 내에 음으로 방사되는 것이다. 효과적으로 고체전달음을 저감시키기 위해서는 엘리베이터 기계에서 발생하는 진동이 건물의 구조체로 전달되지 못하도록 방진대책을 실시하는 것이 바람직하다. 엘리베이터 방진은 승객의 수에 따라 전체 하중이 변하고 안정성이 요구되므로 방진 효과도 있으면서 안정성도 확보되는 방진고무를 이용하는 것이 일반적이다.

■ 그림 4. 엘리베이터 방진대책 전·후 기계실 상태



<그림 4>에 방진대책 전후의 상태를 나타내었다. 대책 전에는 기계실 슬래브에 직접 고정된 H-Beam 상부에 스프링상수가 큰 방진고무에 의해 엘리베이터 권상기가 설치되어 있어 방진효

과를 기대하기 힘든 상황이다. 기계실 인접세대의 소음을 저감시키기 위하여 하부 H-Beam을 바닥 슬래브로부터 분리하여 방진 지지하고 스프링상수가 큰 상부의 방진고무를 적절한 스프링 상수를 갖는 방진고무로 교체하는 2중 방진대책을 적용하였다.

2) 방진대책 전·후 소음·진동 측정결과

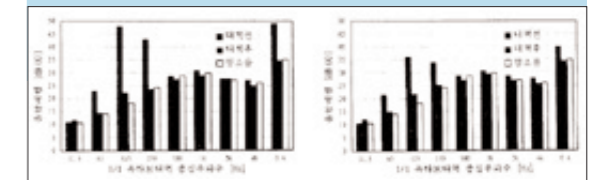
방진대책 실시 전·후 기계실과 인접세대 내 거실 바닥 모두 <표 2>와 같이 160Hz와 220Hz 주변에서 최대값을 나타내고 있으며, 이는 권상기 모터 R.P.M.과 감속기어비에 관계된 강제진동수로 판단된다. 방진대책 실시 후 160Hz와 220Hz의 진동은 크게 감소되었으나 20Hz와 60Hz에서 최대값이 나타나고 있는데, 이것은 엘리베이터의 방진계 및 기계실 바닥 슬래브의 고유진동수가 이 주파수에 근접하여 있기 때문으로 판단된다. 그러나 대책 후 이들 주파수에서의 바닥진동은 구조체에 영향을 미치지 않는 정도로 적으므로 문제가 되지 않을 것으로 판단된다.

■ 표 2. 방진대책 전·후 진동크기 비교 (단위 : dB)

구 분		최대 주파수				
		20 Hz	60 Hz	160 Hz	220 Hz	
기계실바닥	상승시	대책 전	-	-	78.6	69.2
		대책 후	44.5	43.6	48.7	45.5
	하강시	대책 전	-	-	29.9	23.7
		대책 후	42.7	-	49.5	42.0
인접세대 거실 바닥	상승시	대책 전	-	-	60.1	-
		대책 후	48.3	36.5	41.9	-
	하강시	대책 전	-	-	18.2	-
		대책 후	40.8	36.8	41.7	-

한편, 엘리베이터 상승 및 하강시 인접한 아래세대 거실에서 측정된 방진대책 전·후의 소음레벨과 암소음레벨을 비교하면 <그림 5>와 같이 대책 전에는 125Hz와 250Hz에서 최소소음레벨을 나타내고 있었다. 이것은 엘리베이터 기계에서 전달된 160Hz와 220Hz의 진동에 의한 고체전달음의 영향 때문으로 판단된다. 그러나 엘리베이터 방진대책 후에는 이러한 최대소음

■ 그림 5. 방진대책 전·후 인접 하층세대 거실 소음레벨 비교 (a) 엘리베이터 상승시 (b) 엘리베이터 하강시



레벨이 사라졌으며, 결과적으로 대책 전 Overall 40~50dB(A) 정도의 소음이 대책 후 암소음레벨과 유사한 35dB(A) 이하로 낮아졌다.

3) 검토결과

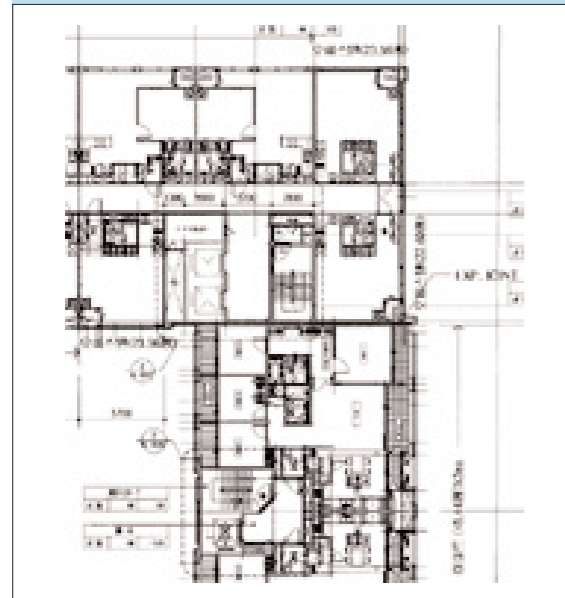
따라서, 평면계획상 엘리베이터 통로와 세대가 인접한 공동주택에서는 엘리베이터의 진동에 의한 고체전달음 발생 가능성이 많으므로 앞으로 이러한 구조의 공동주택에는 권상기 2중방진대책을 표준화하여 적용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

3.2. 사례-2 : 인접 건물과의 레벨 차이

1) 소음·진동 발생현황

본 건물은 공동주택과 오피스텔이 <그림 6>과 같이 신축줄눈(EXP. Joint)으로 분리되어 있으며, 오피스텔의 기계실 바닥으로부터 1,260mm 아래에 공동주택 옥상층 바닥이 위치하고 있다.

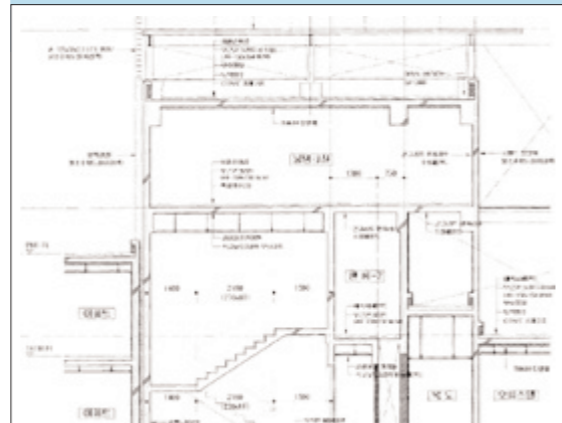
■ 그림 6-1. 민원세대와 오피스텔 엘리베이터 관련 설계도면 (16층 평면도 - 민원세대와 오피스텔 엘리베이터와의 관계)



일반적으로 엘리베이터 기계실은 기계실 내부의 흡음처리, 권상기의 이중방진처리 등의 발생원 대책을 하더라도 옥탑2층에 위치시키고, 그 하부는 팬룸 등으로 계획하여 전달경로를 길게 하여 거리감쇠를 이용하는 방법을 함께 이용하고 있다. 본 현장의 경우 오피스텔 건물만을 고려할 때는 기계실이 옥탑2층에 위치하고, 그 하부는 팬룸으로 계획되어 있어 이러한 조건을 모두

만족하지만, 공동주택의 경우에는 신축줄눈으로 분리시켰으나 완전히 분리되었다고 볼 수 없으며, 앞에서 언급했듯이 기계실 바닥과 높이차가 1,260mm 정도 밖에 되지 않기 때문에 기계실 내 권상기의 진동 등이 공동주택의 외벽으로 전달될 것으로 판단된다.

■ 그림 6-2. 민원세대와 오피스텔 엘리베이터 관련 설계도면 (코어 단면도 : 민원세대와 옥탑1층, 엘리베이터 기계실 및 물탱크실과의 관계)



2) 시공상태 및 소음·진동 저감대책 적용 현황

각 건물의 콘크리트 외벽 두께를 확인하기 위해서는 코어를 뚫는 방법을 이용해야 하는데, 건물이 사용 중이고 엘리베이터 승강로라는 공간의 특성상 작업이 쉽지 않기 때문에 공사 중 거푸집 먹줄작업, 철근 배근작업 및 거푸집 설치 등의 공정에서 감리자의 확인을 받는 것을 감안하여 설계도면대로 시공되었다고 가정하였다.

■ 그림 7. 신축줄눈 부분 시공사진



신축줄눈은 <그림 7>에 나타나 있는 것과 같이 한쪽 벽체를 먼저 시공 신축줄눈 부위에 100mm 단열재와 함께 거푸집을 설치하여 콘크리트를 타설한 후 다른쪽 벽체를 그 이후에 시공하는 방법으로 이루어졌다.

■ 그림 8-1. 신축줄눈 최상부 현황



■ 그림 8-2. 신축줄눈 내부 방진패드 설치 사진



신축줄눈의 최상부는 <그림 8>과 같이 빗물의 유입 등을 방지하기 위한 캡이 설치된 상태였으며, 캡 내부는 방진고무를 볼트 하부에 설치하여 캡으로부터 전달되는 진동을 최소화하였다.

엘리베이터 기계실 내부는 <그림 9-1>과 같이 모든 벽면과 천정에 흡음재가 밀실하게 시공된 상태였으며, 좌대 철재보를 설치하기 위해서 기계실 벽체를 일정 부분 개구부를 만든 후 모르터 등으로 채웠으나 <그림 9-2>에 나타나 있듯이 좌대 철재보를 감싸고 있던 모르터를 제거하여 기계실 벽체와 완전히 분리시켰으며, 개구부 부분은 그릴창을 설치하여 진동소음을 외부로 방사시키는 효과를 고려하였다.

상기와 같이 일반적으로 알려져 있는 엘리베이터의 소음·진동 대책을 적용하였으나 민원이 계속 제기되었고, 이에 현장에

서는 <그림 10>과 같이 권상기 로프 구멍에 1M 길이의 소음기를 설치하였으며, 엘리베이터 피트의 최상층 내부 벽체에 길이 2M 정도의 높이로 흡음재를 부착하여 피트 내부에서 발생하는 소음을 저감시키려고 노력하였다.

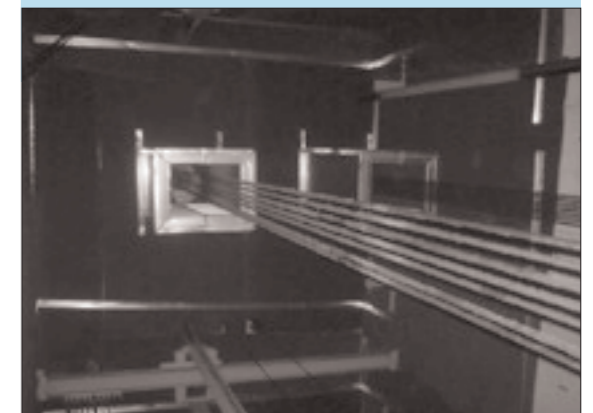
■ 그림 9-1. 기계실 내부 전경



■ 그림 9-2. 좌대 철재보 벽체와 이격



■ 그림 10-1. 엘리베이터 피트 내 소음기 설치 사진



■ 그림 10-2. 엘리베이터 피트 내 벽체 흡음재 설치 사진

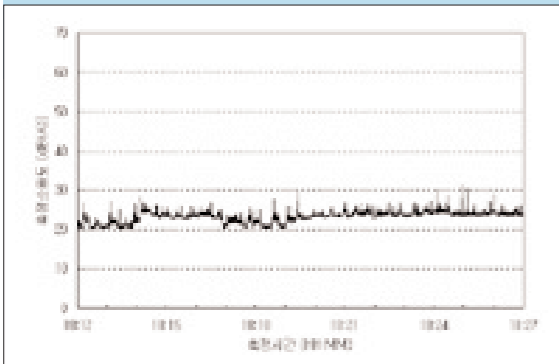


3) 소음·진동 측정 및 분석

이상과 같이 민원세대에서 제기된 엘리베이터 소음과 관련하여 신축줄눈(Exp. Joint) 부위에 고무패드를 설치한 후 세대 내부에서 간이측정법으로 소음을 측정한 결과 엘리베이터 가동 중에는 35dB(A) 내외, 가동하지 않을 경우 30dB(A) 내외로 나타나 엘리베이터가 가동 중일 때 소음은 신경쓰면 들리는 수준이었다.

그 이후 기계실에서의 좌대 철재보의 벽체와 분리, 권상기 로우프 구멍에 소음기 설치, 피트 최상부 내부 벽체에 흡음재 시공 등과 같은 추가적인 조치를 취한 후 소음·진동을 측정한 결과 기계실 내부에서 5분 동안의 등가소음레벨은 63.3dB(A), 그 시간동안의 최대소음레벨은 76.0dB(A)로 나타났다. 한편 민원세대인 4단지 1601호의 침실2에서 15분간 측정한 소음 분포는 <그림 11>과 같이 등가소음레벨은 23.5dB(A), 최대소음레벨은 31.4dB(A)로 나타났다. 이상의 측정결과를 국내 환경정책기본법과 비교하면 가장 엄격한 적용을 받는 전용주거지역 등

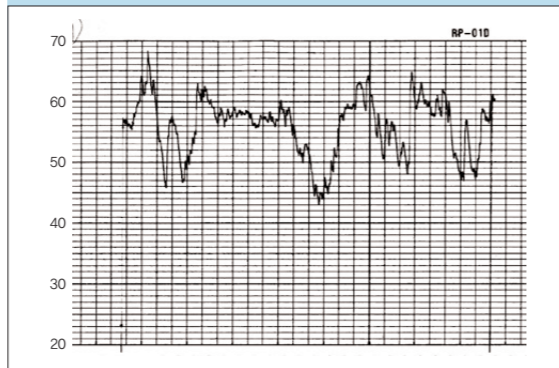
■ 그림 11. 민원세대 침실2에서의 소음레벨 측정결과



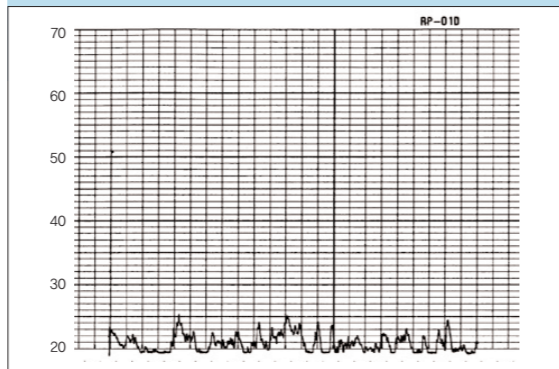
은 낮 50dB(A) 이하, 밤 40dB(A) 이하로 규정되어 있는 바 이 기준을 만족하고 있으며, 일본건축학회의 '건축물 차음성능기준과 설계지침' 중 실내소음기준에서 아파트 거실의 경우 30dB(A) 이하를 특급으로 규정하고 있는 바 이 기준도 만족하는 것을 알 수 있다.

한편, 기계실 내부에서 진동레벨 측정결과 <그림 12>와 같이 권상기의 지지 철재보에서는 최대 65dB(V)였으나, 2차 방진된 바닥 슬래브에서의 진동레벨은 25dB(V) 내외일 뿐만 아니라 변동폭도 5dB(V) 내외로 권상기 가동에 따른 진동이 2차 방진 시스템에 대부분 흡수되어 바닥슬래브로 전달되는 진동을 효과적으로 제어하고 있음을 알 수 있다.

■ 그림 12-1. 기계실 내 진동레벨 측정결과 - 권상기 지지 철재보



■ 그림 12-2. 기계실 내 진동레벨 측정결과 - 기계실 슬래브 바닥



4) 검토결과

현재 기계실은 천정과 모든 벽면을 흡음처리하여 기계실 내부소음을 최대한 저감시키고, 권상기는 이중방진처리하여 진동 전달을 효과적으로 저감시키도록 되어 있다.

준공 이후 민원인의 요청으로 신축줄눈(Exp. Joint) 보호

용 캡의 내부 볼트 부분에 고무패드를 설치하여 신축줄눈 상부 연결부위를 통하여 전달되는 고체전달음을 저감시켰으며, 권상기 로우프 개구부에 1m 길이의 소음기를 설치하고, 피트 최상부 전체 벽체에 2m 길이의 흡음재를 부착하여 피트 내부 소음을 대폭 감소시키는 등 소음·진동 저감을 위해 많은 시도를 한 상태였다.

현장 점검 및 측정결과 기계실 슬래브 바닥에서의 진동량은 권상기가 가동 중일 때 최대 25dB(V) 내외로 대단히 낮은 수준이었으며, 민원세대에서의 등가소음레벨 또한 25dB(A) 내외로 아주 낮은 수준이지만 민원세대의 침실2에서 벽 가까이 귀를 대고 신경을 쓰고 있으면 권상기 모터소리가 들리는 상태였다. 따라서 현재 상태보다 소음·진동을 감소시키거나 민원세대에서 소음이 들리지 않도록 하기 위해서는 다음과 같은 방법이 필요할 것으로 판단된다.

① 권상기 사양 및 방진시스템의 재검토

저소음형 권상기로의 변경 또는 완벽한 방진시스템으로의 재설계를 통하여 원천적으로 소음·진동을 현재보다는 어느 정도 저감시킬 수 있을 것으로 기대되지만 민원세대에서 안들리는 수준까지는 근본적으로 어려울 것으로 예상된다.

② 기계실 바닥을 이중바닥시스템으로 변경

전달거리 대책으로써 권상기를 지지하는 바닥슬래브와 구조체 바닥슬래브와의 사이에 공기층을 형성하여 소음·진동 전달을 획기적으로 감소시킬 수 있을 것으로 기대되지만 이중바닥

설치공사 중 엘리베이터 사용 중지에 따른 오피스텔 이용자의 피해가 우려되는 등 부가적으로 발생할 수 있는 민원에 대한 고려도 필요하다.

③ 수음실(민원세대) 벽체의 이중중공벽 처리

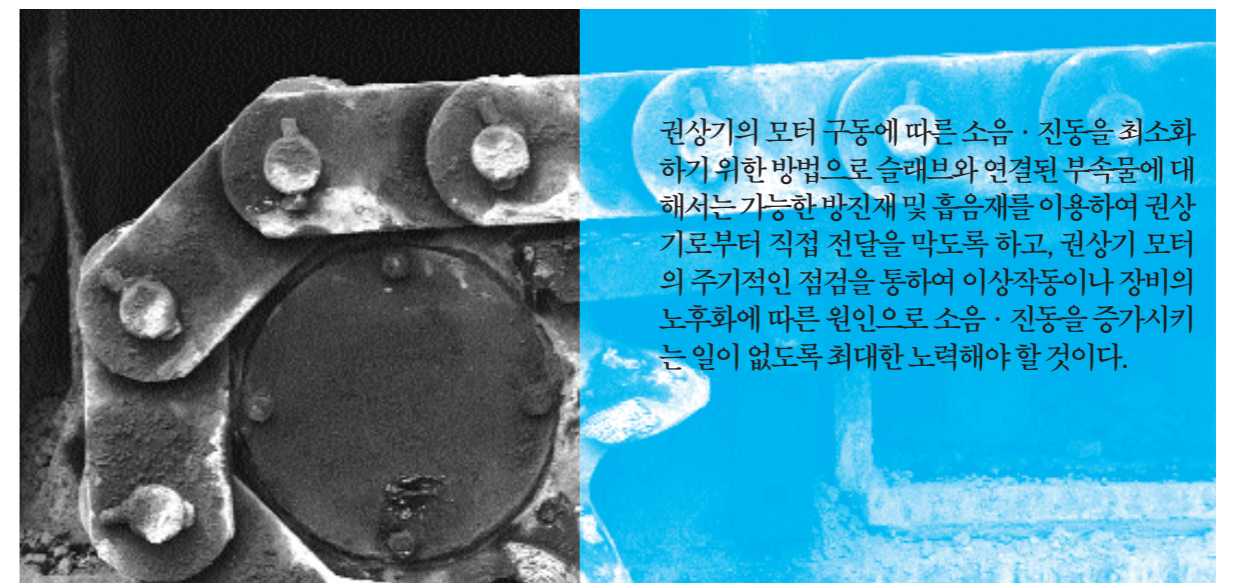
문제가 되는 수음실의 벽체에 조적 또는 경량건식 간막이벽 등을 이용하여 구조체 벽과 간막이벽 사이에 공기층을 형성하는 이중중공벽 처리를 하고 내부에 흡음재 또는 차음재를 설치함으로써 저주파수 영역의 진동에 의한 벽체를 통한 고체전달음을 차단할 수 있을 것으로 판단된다.

④ 기타 대책

이상과 같은 방법 외에 권상기의 모터 구동에 따른 소음·진동을 최소화하기 위한 방법으로 슬래브와 연결된 부속물에 대해서는 가능한 방진재 및 흡음재를 이용하여 권상기로부터 직접 전달을 막도록 하고, 권상기 모터의 주기적인 점검을 통하여 이상작동이나 장비의 노후화에 따른 원인으로 소음·진동을 증가시키는 일이 없도록 최대한 노력해야 할 것이다.

◎ 참고문헌

1. 한국승강기안전관리원 홈페이지, <http://www.kesi.or.kr>
2. 한국승강기안전센터 홈페이지, <http://www.kesc.or.kr>
3. 한국소음진동공학회, "소음·진동편람", 1995, pp.205~208
4. 김석홍 외 2인, "공동주택의 엘리베이터 소음저감대책", 한국소음진동공학회 1995년도 추계학술대회논문집, pp.95~98
5. 이성춘 외 2인, "엘리베이터 소음 및 진동의 원인에 관한 연구", 한국소음진동공학회 1994년도 춘계학술대회논문집, pp.94~99
6. 배동명 외 2인, "공동주택 엘리베이터 운행시 발생하는 진동·소음 특성에 관한 연구", 한국소음진동공학회 2003년도 춘계학술대회논문집, pp.938~943



권상기의 모터 구동에 따른 소음·진동을 최소화하기 위한 방법으로 슬래브와 연결된 부속물에 대해서는 가능한 방진재 및 흡음재를 이용하여 권상기로부터 직접 전달을 막도록 하고, 권상기 모터의 주기적인 점검을 통하여 이상작동이나 장비의 노후화에 따른 원인으로 소음·진동을 증가시키는 일이 없도록 최대한 노력해야 할 것이다.