현장측정을 통한 발코니 창호의 차음성능에 관한 연구

Investigation of the sound insulation performance of balcony window through field measurement

주 문 기*
Ju, Mun Ki

Abstract

As with the disappearance of a living room window due to the trend in apartment housing construction that prefers a larger, expanded living room, the sound insulation performance of the balcony window is becoming an important factor to determine the level of indoor noise at an apartment unit. Considering that the indoor noise inside an apartment unit is mandated by law at or below 45dB(A), the balcony window is increasingly assuming an even more important role. Sound insulation performance of the window was measured by examining differences in data involving varying angles of incidence of the sound source as obtained from the same balcony window. Also, acoustic intensity measuring was performed at and around the window to determine its sound insulation quality. Results of measuring on the sound source's angles of incidence indicated that the performance showed some differences in lower frequency ranges, though with no significance. Intensity measuring results showed that the sound insulation performance was reduced near the connection part of the window and the window frame.

키워드 : 차음, 발코니창, 음향세기
Keywords : sound insulation, balcony window, sound intensity

1. 서 론

도시에서의 폭발적인 인구증가로 인해 교통수단 즉 자동차가 증가되었으며 자동차가 통행할 도로가 증가되었다. 주거단지 주변의 도로변에서 발생하는 도로교통소음은 주거지역의 환경을 저해하는 가장 큰 요인 중 하나이다. 그러나 도로의 증가로 인해 택지 확보의 어려움이 발생하였고 이로 인해 도로변에 주거단지를 건설할 수 밖에 없는 실정이다. 도로변에 건설된 공동주택의 소음은 방음벽과 방음터널을 설치했음에도 불구하고 5층 이상에서 환경기준인 주간 65dB(A) 야간 50dB(A)를 상회하는 것으로 조사된 바 있다. 이는 방음벽과 방음터널이 소음차단에 한계가 있음을 나타내고 있으며 이에 대한 연구가 진행된 바 있다.[1] 따라서 현재 공동주택에서는 1층-5층은 실외 소음도를 6층 이상에서는 실내소음도 45dB(A)이하로 규정하고 있으나 불합리한점이 많아 전 층을 실내소음도 기준으로 하려는 연구가 진행되고 있다.

일반적으로 공동주택에서 발코니 창호를 설치하며 거실 확장으로 인해 비확장형 거실에 비하여 발코니 창호는 아파트 차음성능을 결정짓는 중요한 인자가 되었다. 따라서 발코니 창호의 차음성능을 향상시키기 위하여 다양한 연구가 진행되어 왔으며 기밀성을 향상시킨 시스템이중창호가 그 대표적인 예이다.

현재 현장에서 차음성능 측정방법은 KS F 2235[2] 외벽 및 외벽부재의 공기전달음 차단성능 현장측정방법 에 의해 측정을 하게 된다. KS F 2235 의 스피커를 이용한 부재법 의하면 음원의 각도를 수직선상으로 45°±5°로 규정하고 있다. 하지만 선행연구에서 수평면상의 음의 입사각도가 달라질 경우 음원의 지향성 측면에서 볼 때 차음성능에 영향을 줄 수 있는 것으로 연구된 바 있다.[3] 그러므로 음의 수직 입사각 변화가 차음성능에 영향을 줄 수 있을 것이다.

본 연구에서는 발코니 공간이 차음성능이 미치는 영향을 실험을 통해 확인하고 시스템 이중창호를 설치한 현장에서 음의 수직입사각 변화에 따른 차음성능 변화가 차음성능 평가값에 미치는 영향 그리고 창호의 음향 인텐시티

* 목포대학교 친환경건축연구센터 연구전임교수, 공학박사
(archipy@hanmail.net)

1) 주문기, 김태훈, 오양기, 김하근, 이원렬, 조성환, "방음터널 길이와 단부 처리에 관한 실험적 연구", 한국소음진동공학회춘계학술발표대회논문집, pp.1026-1031, 2003.5

2) KS F 2235, "외벽 및 외벽부재의 공기전달음 차단성능 현장측정방법" 2001

3) 김선우, 김기용, 이옥균, 박현구, 송혁, "현장실험에서 음원의 입사각도에 따른 창의 차음성능 변화", 한국소음진동공학회지 제9권 제6호 pp 1180-1186, 1999

측정을 통해 시스템 이중창호의 차음성능 취약부위를 구체적으로 파악함으로서 창호의 차음성능 문제 해결방법을 제고할 수 있는 자료를 제공하고자 하였다.

2. 창호차음성능 관련 연구

현재까지 창호 차음성능에 관한 다양한 연구들이 수행되었다. 이를 살펴보면 크게 창호의 유리두께, 복층유리의 공기층, 단일창과 이중창 그리고 인텐시티측정에 관한 연구로 나눌 수 있다.

일반적인 단판유리의 경우 유리의 두께가 증가할수록 차음성능이 좋아지는 것으로 알려져 있다. 또한 복층유리의 경우 유리와 유리사이에 중공층을 갖고 있으며 일반적인 중공층의 두께는 6mm나 12mm가 많이 사용되고 있다. 복층유리는 단층유리에 비해 중공층이 있어 차음성능이 보다 우수한 것으로 알려져 있다. 그러나 동일한 두께의 판유리로 구성된 복층 유리는 특정주파수에서 공명에 의해 차음저하 현상이 발생되기도 하며 주변 접착부를 통하여 진동이 전달되어 일반 판유리에 비해 월등히 차음성능이 높지 않는것으로 조사된 바 있다.[4] 그리고 이중창호와 단일창을 비교한 실험결과 단일창에 비해 이중창 내부의 공기층이 차음에 효과적인 것으로 나타났다. 특히 창호를 비롯한 재료의 차음성능은 틈새에 가장 큰 영향을 받기 때문에 창호의 차음성능 향상을 위해 유리의 두께를 두껍게 하여도 큰 효과를 얻기 어렵다. 따라서 기밀성을 향상시킨 시스템 이중창의 경우 일반창호에 비해 약 10dB이상의 차음성능을 기대할 수 있는 것으로 조사되었다.[5] 인텐시티측정의 경우 기존방법의 투과손실에 의한 전체적인 음향에너지만을 평가하는 것이 아니라 벽체내의 창문과 같은 복합적인 구조에 있어 각각의 투과특성과 작음 틈새에서 들어오는 투과요소들을 밝힐 수 있는 것으로 많은 연구가 진행되었다.

3. 측정방법 및 내용

현장에서 창호의 차음성능을 측정하기 위해 인천의 s아파트와 남양주시의 d아파트를 대상으로 하여 측정하였다. s아파트의 경우 재건축으로 인해 주위 모든 가구가 이주를 해 배경소음에 문제가 없어 주간에 측정을 하였으며 d아파트는 현재 공사가 거의 완료되는 시점이어서 배경소음의 영향이 없는 오후 11시부터 측정을 실시하였다.

3.1 차음성능측정

현장에서 창호 차음성능 측정은 발코니 창호와 거실창호를 대상으로 하여 s아파트에서 차음성능 측정과 d아파트의 시스템 이중창에 대하여 음원의 수직입사각의 변화에 따른 측정을 하였다. 실험실에서의 차음측정은 KS F 2860 "건물 및 건물부재의 차음성능 측정방법(건물부재의 차음성능 표준 측정실 조건)" 에 의하며 현장측정기준은 KS F 2235 "외벽 및 외벽부재의 공기전달음 차단성능 현장측정방법"에 의해 측정을 한다. KS F 2235 측정방법에 의하면 4개의 부재법과 4개의 전체법이 있으며 이중 측정방법을 스피커를 이용한 부재법으로 하였다. 특히 스피커를 이용한 부재법의 경우 특정한 외벽부재설치시의 값을 실험실에 설치하여 비교하는데 사용될 수 있어 실험실 값과 현장측정값의 비교에 많이 사용되고 있다.

스피커의 거리 및 위치는 창호로부터 6m 이격된 곳에 설치하였고 음원의 입사각은 s 아파트의 경우 스피커의 각도를 발코니창호와 동일한 높이로 하여 45°로 하였고 d아파트의 경우 스피커의 각도를 0°, 20°, 40°, 60°로 하여 측정하였다. 마이크로폰의 위치는 s아파트는 창호의 외부 유리면에서 10mm 이격한 4지점 d아파트는 5지점으로 하였고 수음실에서 마이크로폰의 위치는 모두 벽에서 0.5m 이격된 균등히 분포하는 5지점으로 하였다. 이후 창호면에 도달하는 지점의 평균음압레벨과 실내 5개 지점에서 측정된 평균음압레벨을 측정하였다. 측정대상 평면과 측정기기 창의 구조 그리고 측정사진을 표1,2 와 그림1,3에 나타내었다.

3.2 음향인텐시티측정

음향인텐시티측정은 p-p프로브(두개의 콘덴서형 마이크로폰 프로브)를 이용한 측정법으로 주위 반사음의 영향을 배제하고 음향에너지를 방향성을 갖는 인텐시티로(Intensity) 측정하여 측정대상면에 대한 인텐시티 등고선(contour)을 작성할 수 있고 취약부위를 파악할 수 있게 된다. 음향 인텐시티에 의한 차음성능 평가는 건물의 모든 부위에 대해 활용할 수 있으며 본 연구에서는 외부 발코니창을 대상으로 하여 음의 취약부위를 파악하였다.

인텐시티 측정방법에는 두가지 방법이 제안되고 있으며 고정측정법과 이동측정법이다. 본 연구에서는 측정대상 발코니 전면을 대상으로 장변으로 15지점(1-15) 단변 8지점(A-H)으로 하여 0.3m×0.3m 간격으로 총 120지점에서 고정측정법을 사용하여 측정을 하였다. 측정중 인텐시티 프로브 주위에 반사음이나 흡음의 영향을 최소화 하도록 노력하였다. 측정대상 창의 구조 그리고 측정지점을 아래 그림 2와 4에 나타내었다.

표 1. 측정대상 조건

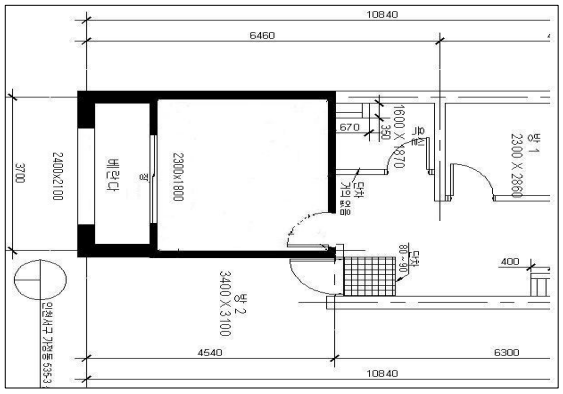
창호	창구조		창크기	수음실크기	비고
발코니창	3㎜ 단창		2.4m×2.1m	3.4m×3.1m	s 아파트
거실창	5㎜ 단창		2.3m×1.8m		
시스템이중창	내창	외창	4.5m*2.1m	4.5m×4.0m	d 아파트
	22㎜	22㎜			

4) 井上 祝, "Glass", 音響技術, No.110, 2000.06

5) 염성곤, 성영경, 이성현, 김경호, "공동주택 창호사양에 따른 차음성능 측정 및 평가", 한국음향학회 학술발표대회 논문집 27권 2호, 2008

표 2. 측정기기내역

측정기기	제작회사	모델명	비고
Speaker	sonodyne	proaudio	
Speaker Amp	ANAM	aa77	
Analyzer	S&V	OROS 25 (4ch Analyzer)	차음측정
Analyzer	01dB	Symphonie	음향 인텐시티 측정
Intensity prove	01dB	40AI 12mm spacer	
Mic & Preamp	GRAS	40AR 40AP	차음측정
Calibrator	B&K	Type 4230	



s아파트

d 아파트

그림1. 측정대상 평면 (단위:mm)

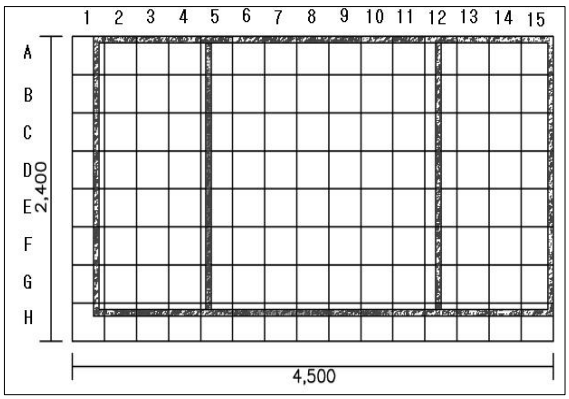


그림 2. 측정대상 발코니 창호 측정점 구획(단위:mm)

그림 3. 차음성능측정(d아파트)

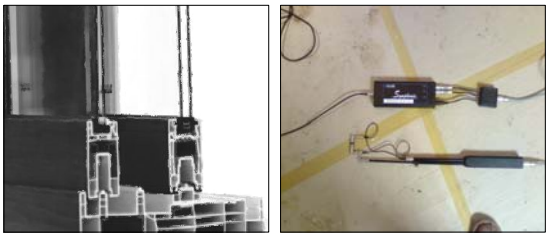


그림 4. 시스템창호구조 (좌) 및 인텐시티 측정기기(우)

4. 측정결과 및 분석

4.1 차음성능 측정결과

4.1.1 발코니 유무에 따른 차음성능 변화

비확장시 발코니 공간이 차음성능에 미치는 영향을 측정 한 결과를 표3에 나타내었다. 측정결과 발코니창호+거실창호의 차음성능이 높은 것으로 측정되었다. 특히 시스템 이중창과 비교시 노후된 샷시발코니 단창과 플라스틱 거실 단창의 Rw 값이 40으로 발코니 공간이 음의 완충역할을 함으로서 차음성능 향상에 효과적인 것으로 나타났다.

표 3. 차음성능 측정결과 비교(단위:dB)

	발코니창	발코니+거실창	시스템이중창
100Hz	21	23.9	37.7
125 Hz	23	34.6	36.4
160 Hz	23	22.9	39.4
200 Hz	24	26.6	34.5
250 Hz	21	36	38.2
315Hz	19	31.9	41.9
400 Hz	20.5	37	43.9
500 Hz	23	34.6	43.1
630 Hz	23.5	37.8	43.3
800 Hz	21.5	38.6	46.6
1㎑	19.5	37.1	42.3
1.25 ㎑	18	35.5	42.2
1.6㎑	14	33.5	41.2
2㎑	17.5	37.2	42.8
2.5㎑	18.5	40.1	40.9
3.15㎑	19.5	46.8	42.4
4㎑	23	48.2	38.2
5㎑	24	44.7	38.4
STC	18	39	43
Rw	19	40	43

4.1.2 스피커 입사각 변화에 따른 차음성능 변화

아파트 발코니창호에서 측정한 결과값과 거실의 측정점에서 측정한 결과값은 1/3 옥타브밴드로 측정을 하였으며 측정된 값을 에너지 평균함으로서 음원의 각도에 따른 음압레벨차를 구하였다. 측정결과를 표4와 그림5에 나타내었다. 측정결과 저주파대역인 100~160Hz 대역에서 음압레벨차가 약3- 4dB증가하였으나 그 이상의 주파수 대역에서의 차이점은 크게 나타나지 않고 있다. 또한 전체적으로 200Hz대역에서의 차음성능 저하 현상이 나타나고 있는데 이는 공명효과에 의한 것으로 판단된다.

특히 입사각이 0°일 때와 40°일 경우 100~160Hz 대역에서 3-4dB의 차이를 나타내고 있으며 그 이상의 각도에서는 크게 증가하지 않는 것으로 나타났다. 따라서 음의 입사각도가 달라짐에 따라 차음성능의 차이를 보일수 있는 것으로 예측되었다. 그러나 STC값과 Rw 평가값을 볼 때 저주파 대역에서 나타나는 차이는 차음성능 평가값에 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 이는 측정대상 발코니 창호가 틈새의 영향을 많이 받는 단일창에 비해 기밀성이 우수한 시스템창호이기 때문인 것으로 판단된다.

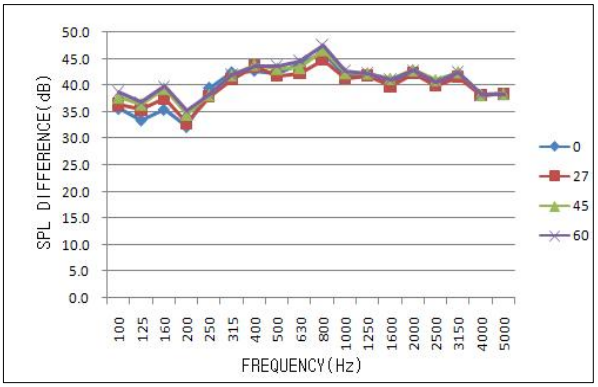


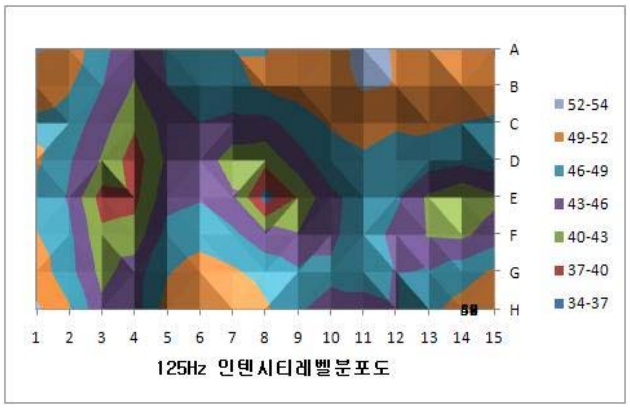
그림 5. 입사각에 따른 측정결과

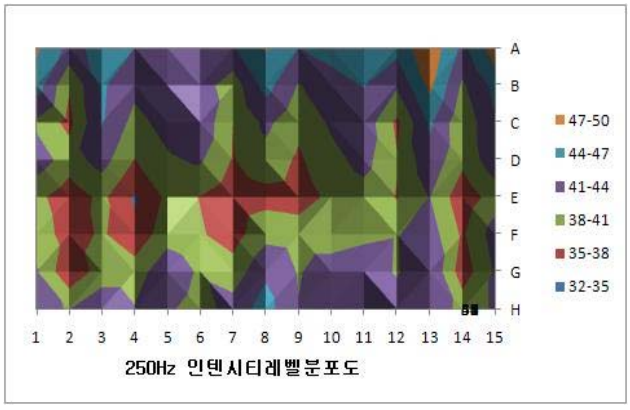
표 4. 입사각에 따른 차음성능 (단위: dB)

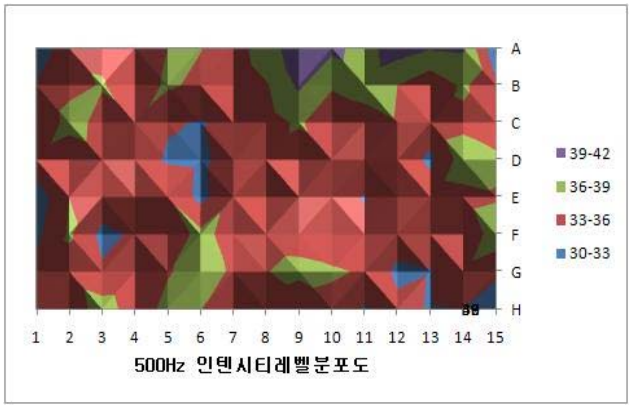
	0°	20°	40°	60°
100Hz	35.7	36.5	37.7	38.7
125 Hz	33.5	35.5	36.4	36.8
160 Hz	35.5	37.6	39.4	39.8
200 Hz	32.3	32.9	34.5	35.3
250 Hz	39.6	37.9	38.2	38.4
315Hz	42.5	41.2	41.9	41.9
400 Hz	42.8	43.6	43.9	43.7
500 Hz	42.2	41.9	43.1	43.6
630 Hz	44.1	42.3	43.3	44.6
800 Hz	46.2	44.9	46.6	47.5
1㎑	41.7	41.4	42.3	42.7
1.25 ㎑	42.1	41.8	42.2	42.3
1.6㎑	40.6	40.0	41.2	41.0
2㎑	42.8	42.3	42.8	42.8
2.5㎑	40.1	40.0	40.9	40.7
3.15㎑	42.2	41.6	42.4	42.4
4㎑	38.2	38.1	38.2	38.2
5㎑	38.5	38.5	38.4	38.4
STC	43	42	43	43
Rw	43	42	43	43

4.2 음향인텐시티 측정결과

인텐시티레벨은 전체 측정점에 대하여 1/3옥타브 밴드로 측정하였다. 그리고 그림6은 이들 측정값의 특성을 나타내기 위하여 2차원으로 나타내었다. 또한 주파수별 최대, 최소값의 차이와 각 측정열의 주파수별 평균값과 전체 평균값을 표5와 6,7 에 각각 나타내었다.







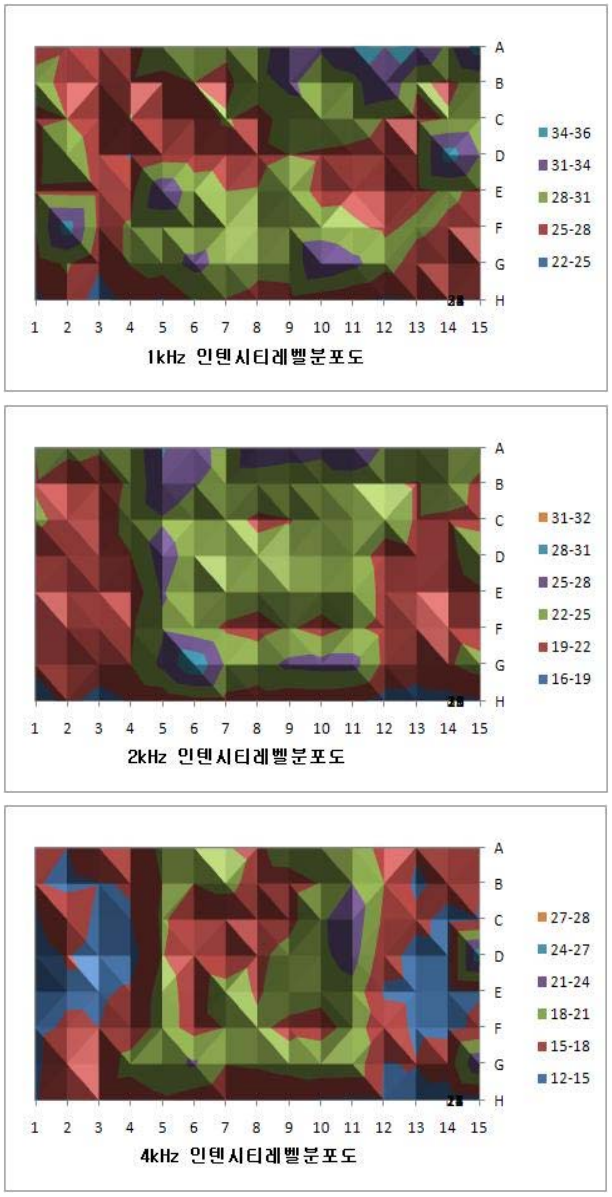


그림 6. 인텐시티레벨 분포도

표 5. 주파수별 최대 최소값(단위:dB)

	100	125	160	200	250	315	400	500	630	
MAX	54	52.8	46.5	46.8	49.2	40.6	39.9	40.4	39.7	
MIN	42.3	35.7	34.9	33.3	34.6	30.6	29.7	30.2	28.1	
DIFF	11.7	17.1	11.6	13.5	14.6	10	10.2	10.2	11.6	
	800	1k	1.25k	1.6k	2k	2.5k	3.15k	4k	5k	AVE
MAX	36.6	35.8	36.1	34.4	30.7	37.8	29.9	26.1	25.1	39
MIN	26.3	23.7	18.9	16.7	17.7	23	19.1	13.1	11.5	26.1
DIFF	10.3	12.1	17.2	17.7	13	14.8	10.8	13	13.6	12.9

표 6. 측정열 평균값(단위:dB)

	100	125	160	200	250	315	400	500	630
A	51.5	49.7	43.9	44.4	45.1	36.6	35.7	36.1	34.1
B	51.1	49.3	42.8	42.6	42.9	34.8	33.8	35.6	34.3
C	49.0	46.9	40.3	41.4	41.0	34.3	32.8	34.6	33.9
D	47.2	45.2	40.5	42.2	40.3	35.2	33.6	34.4	33.8
E	45.1	43.0	39.2	40.7	37.8	34.5	33.6	34.3	32.8
F	47.1	44.9	39.2	40.9	39.2	32.9	34.7	34.4	34.0
G	49.8	47.3	39.7	40.8	40.7	34.3	33.6	34.9	34.8
H	50.6	48.3	41.9	42.6	41.8	35.6	33.0	34.1	30.9
	800	1㎑	1.25㎑	1.6㎑	2㎑	2.5㎑	3.15㎑	4㎑	5㎑
A	32.6	30.4	22.9	26.1	24.8	31.3	25.1	17.2	14.4
B	31.1	28.7	22.0	25.1	23.0	30.8	25.4	16.7	14.5
C	30.7	27.7	22.3	23.7	22.3	30.7	24.1	16.6	13.9
D	30.1	28.0	23.4	23.9	22.4	30.0	24.8	17.1	14.3
E	29.9	28.1	22.6	23.1	22.1	29.0	24.2	16.4	14.4
F	31.0	28.8	22.3	22.2	21.5	28.1	23.9	16.5	13.6
G	31.4	28.9	24.2	24.0	23.4	28.2	24.0	18.2	15.9
H	28.1	26.1	21.6	20.5	19.2	24.8	20.8	15.1	12.2

표 7. 측정열 평균값(단위:dB)

	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz
1	50.1	50.2	44.0	44.6	42.2	35.5	33.2	32.0	31.9
2	48.8	47.9	40.1	40.3	38.5	32.4	33.7	35.4	34.2
3	48.0	43.1	38.5	40.9	41.9	34.8	32.1	34.9	33.2
4	47.3	41.9	41.5	43.0	39.4	34.2	32.9	34.5	33.3
5	47.5	46.4	42.4	42.9	41.6	35.1	34.3	35.1	34.2
6	47.0	47.6	39.6	40.7	40.7	34.1	33.1	34.8	33.4
7	46.9	46.8	40.2	41.5	39.1	34.7	34.3	34.5	33.8
8	47.8	45.2	41.7	41.7	42.5	35.8	34.3	35.3	33.2
9	48.1	46.0	40.1	41.8	39.9	35.1	35.0	36.1	34.3
10	49.1	47.7	39.9	41.7	41.5	36.0	33.8	35.4	34.4
11	49.9	48.8	42.5	41.4	42.3	34.8	34.4	34.9	33.1
12	49.8	48.0	41.9	43.0	40.5	33.7	33.9	35.3	33.6
13	51.0	47.5	38.5	43.1	44.5	35.3	34.3	34.3	34.1
14	51.4	47.4	39.9	38.9	38.9	34.1	34.5	35.7	33.6
15	51.2	48.3	43.6	43.7	43.1	36.2	34.1	34.0	33.7
	800Hz	1㎑	1.25㎑	1.6㎑	2㎑	2.5㎑	3.15㎑	4㎑	5㎑
1	30.0	27.0	22.4	21.8	20.6	25.7	21.5	14.5	12.5
2	30.4	29.0	21.8	22.2	20.8	26.6	22.3	15.5	13.2
3	30.4	25.7	20.9	22.3	20.5	27.0	22.5	15.2	12.5
4	30.4	27.0	21.9	22.3	21.5	26.8	22.6	15.6	13.0
5	31.6	28.2	23.4	25.3	25.3	32.5	26.3	18.6	15.9
6	30.5	28.5	23.6	24.7	24.4	30.7	25.5	17.7	15.0
7	30.7	28.3	23.5	24.2	23.0	30.7	24.9	17.4	14.9
8	29.9	28.2	23.3	24.5	22.9	31.1	25.4	17.2	14.3
9	30.8	29.7	23.6	24.6	23.2	30.5	26.4	17.9	14.6
10	30.5	29.3	23.3	25.0	23.2	30.7	26.2	18.7	15.2
11	30.2	29.2	23.2	24.2	23.9	31.6	26.6	20.1	16.7
12	30.5	28.7	22.0	23.1	21.5	28.8	23.3	16.1	13.1
13	30.0	28.2	21.4	22.1	21.3	28.2	22.1	14.7	12.8
14	32.2	28.8	21.4	22.7	21.5	27.8	22.2	14.8	12.9
15	31.5	29.2	24.2	25.0	21.6	28.1	22.9	17.5	16.0

표5에서 나타나듯이 120개 측정점에서 나타나는 주파수별 최대값과 최소값의 차이는 평균 13dB로 파악되었다. 즉 기밀성을 향상시킨 시스템 이중창에서도 측정점에 따라 음압레벨이 다르며 다른 지점과 비교해서 특정부위에서 음이 더 크게 들어오고 있음을 의미한다. 따라서 창호의 취약부위를 쉽게 파악할 수 있음을 의미한다.

그림6의 인텐시티레벨 분포도와 표6,7의 측정렬 평균값을 살펴보면 125~250Hz 대역의 저주파는 상부와 하부의 창과 창틀이 접합되는 부분을 중심으로 높게 나타나고 있다. 500~1kHz대역에서는 우측상부 즉 A열 9-13번 에서 음이 가장 크게 들어오고 있음을 알 수 있다. 또한 1열뷰터 15열의 주파수 평균을 비교해보면 100~200Hz대역에서 창틀과 창이 만나는 1열과 15열에서 음의 투과가 가장 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 현재 창호의 차음성능을 향상시키기 위해 창과 창틀이 만나는 부분을 깊게 하고 방음모를 설치하여 기밀성을 높이고 있다. 그러나 저주파 대역에서는 창과 창호가 만나는 틈새를 통해 들어오는 유리를 통해 들어오는 음보다 더 크다는 것을 알 수 있다.

이러한 결과값을 볼 때 저주파는 기본적으로 차음이 어렵고 고주파는 상대적으로 차음이 용이하다는 점을 알 수 있다. 이러한 결과값은 프라스틱창호의 음향인텐시티측정에 관한 기존의 연구와[6] 크게 다르지 않은 결과값을 나타내고 있다. 발코니 창호의 상부를 통해 음의 투과가 되는 원인은 미서기창의 구조적인 문제점인 것으로 판단된다. 미서기창의 경우 창틀에 창을 끼울 때 상부에 발생하는 공간이 생기며 음의 투과 경로가 되는 것으로 판단된다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 유리의 두께의 증가보다는 창과 창틀의 구조적인 문제를 해결해야 할 것으로 판단된다.

5. 결 론

현재 국내에서는 정온한 주거환경을 유지하기 위해 도로에 면한 공동주택의 실내소음을 45dB(A)로 유지하도록 기준을 제정하여 시행중이다. 따라서 외부소음의 차단에 있어 가장 중요한 요소인 창호의 차음성능이다. 본 연구에서는 발코니 공간이 차음성능에 미치는 영향과 시스템 이중창호의 현장측정을 통해 음의 입사각도에 따른 차음성능 변화와 음향 인텐시티 측정을 통해 창호의 취약부위를 파악하였다. 그 결과는 다음과 같다.

① 비확장시 발코니 공간이 음의 완충역할을 함으로서 차음성능향상에 상당히 효과적인 것으로 나타났다.

② 음의 수직입사각도에 따른 차음성능의 변화는 100~160Hz 저주파 대역에서 약 2~4dB의 차이를 나타내었으나 STC나 Rw 평가값에 크게 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

③ 음향인텐시티 측정결과 125~250Hz 대역에서는 창과 창틀이 만나는 상부와 하부에서 누음이 되고 있으며 500~1kHz대역에서는 우측상부에서 누음이 크게 발생하고 있는 것으로 나타났다. 또한 저주파 대역인 100~200Hz대역에서 창틀과 창이 만나는 1열과 15열에서 음의 투과가 가장 크게 나타나고 있었다.

④ 기밀성을 향상시킨 시스템이중창의 누음의 원인은 창과 창틀이 만나는 부분과 미서기 창의 상부에 발생하는 틈에 의한 구조적인 원인인 것으로 판단되었다.

⑤ 발코니 창호의 차음성능 향상을 위해서는 유리두께 증가 보다는 창과 창틀의 구조적인 문제 해결이 성능향상에 유리할 것으로 판단되었다.

6) 장재희, 이경회, “음향인텐시티에 의한 프라스틱 창의 차음성능 평가에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 13권 10호, 1997

후기

이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R11-2008-098-00000-0)

참고문헌

1. 주문기, 김태훈, 오양기, 김하근, 이원렬, 조성환, “방음터널 길이와 단부 처리에 관한 실험적 연구”, 한국소음진동공학회춘계학술발표대회논문집, pp.1026-1031, 2003.5
2. KS F 2235, ″외벽 및 외벽부재의 공기전달음 차단성능 현장측정방법″ 2001
3. 김선우, 김기용, 이옥균, 박현구, 송혁, “현장실험에서 음원의 입사각도에 따른 창의 차음성능 변화”, 한국소음진동공학회지 제9권 제6호 pp 1180-1186, 1999
4. 井上 祝, “Glass″, 音響技術, No.110, 2000.06
5. 염성곤, 성영경, 이성현, 김경호, “공동주택 창호사양에 따른 차음성능 측정 및 평가”, 한국음향학회 학술발표대회 논문집 27권 2호, 2008
6. 장재희, 이경회, “음향인텐시티에 의한 프라스틱 창의 차음성능 평가에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 13권 10호, 1997
7. 김태희, 신일섭, 조창근, 오진균, 김남욱, “실험실에서 발코니 창호 차음성능 평가”, 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, 2007

투고(접수)일자: 2009년 9월 9일
심사일자: 2009년 9월 10일
게재확정일자: 2009년 10월 7일