

# 외부소음에 대한 공동주택 실내 소음레벨분포에 관한 실험적 연구

○박현구\*, 김종빈\*\*, 강동영\*\*, 장현충\*\*\*, 송혁\*\*\*\*, 김선우\*\*\*\*\*

## An Experimental Study on the Prediction of Indoor Sound Level Distribution in Apartment for Exterior Noise

Hyeon Ku Park, Jong Bin Kim, Dong Yong Kang, Hyun Choong Jang, Hyuk Song  
and Sun Woo Kim

**Key Words** : Exterior Noise(외부소음), Prediction(예측), Sound Level Distribution(음레벨분포)

### Abstract

It is necessary to predict the sound pressure level(SPL) in rooms before designing an apartment when exterior noises are produced. In order to predict SPL for an apartment that has some specific exterior noises, the following should be known: the characteristics of outdoor noise, sound insulation performance and sound level differences of each room. The purpose of this study is to find out the possibility of predicting sound pressure level of rooms in an apartment by analysing sound level differences among rooms. Sound sources used in this experiment are construction noise, aircraft noise, railroad noise, road traffic noise and white noise as a reference to compare with the previous four. These noises were recorded and reproduced by speaker. As a result, we found that within the sound reduction pattern, the sound difference level appeared uniform depending on the sound insulation characteristics of the windows installed when facing the noise source. When the windows having the same acoustic performance were installed, the SPL in each room resulted in nearly the same values.

### 1. 서론

공동주택에서의 소음대책을 수립하기 위하여 방음벽 설치, 창 차음성능의 개선 및 소음원에 대한 주동배치 방식을 설정하게 되며, 그에 따라 음향적으로 보다 쾌적한 주거환경을 만들 수 있게 된다. 최근 소

음으로부터 주거환경을 개선하기 위해 많은 연구가 되어오고 있으며, 특히 소음예측에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이러한 소음예측분야를 살펴보면 음원에 대한 예측, 방음벽 및 차음재의 성능 예측 및 외부음원의 거리에 따른 감쇠레벨의 예측 등으로 살펴볼 수 있다.

본 연구는 외부소음에 대한 공동주택 실내부에서의 음압레벨을 예측하기 위한 기초적인 단계로서 공동주택 외부에 존재하는 소음에 대하여 실제 공동주택 내 각실에서의 음압레벨차를 분석함으로써 예측 가능성을 찾고자 하는데 그 목적이 있다.

\*정회원, 전남대학교 박사과정 수료

\*\*정회원, 전남대학교 석사과정

\*\*\*정회원, 전남대학교 박사과정

\*\*\*\*정회원, (주)금호산업기술연구소, 공학박사

\*\*\*\*\*정회원, 전남대학교 교수, 공학박사

## 2. 소음레벨 분포에 대한 실험

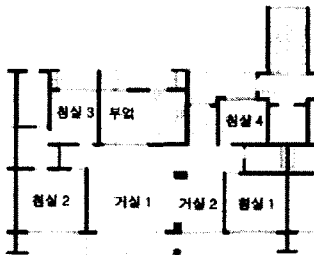
### 2.1 실험대상 아파트

본 연구에서 사용한 실험대상 아파트는 입주 바로 전 단계의 실내 모든 시설이 완벽하게 갖추어진 현장으로 선정하였다. 실험대상 아파트에 대한 세부적인 사항은 table 1과 같으며, Fig. 1은 아파트의 평형별 평면도이다. 66평형 아파트에서의 실험적이지 52평형 아파트에 비해 전반적으로 크고, 실 내부에는 초배치가 붙여 있다. 거실 외부창은 복층유리를 사용한 단창구조이고, 침실 외부창은 단층유리를 사용한 이중창구조이다.

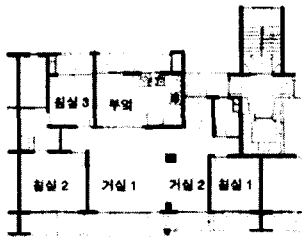
Table 1 Architectural details of rooms

평수	실명	기호	실용적 (W*D*H)	실면적 (m <sup>2</sup> )	감각재	창크기	창틀	비고
66	거실1	L1	6.0*5.94*2.4	35.64	초배치	4.8*2.45	목재	창간격 : 0.1
	거실2	L2	3.3*3.9*2.4	12.87	초배치	2.95*2.45	목재	
	침실1	R1	4.2*3.9*2.4	16.38	초배치	3.3*1.8	목재	
	침실2	R2	4.8*4.2*2.4	20.16	벽지	3.6*1.8	목재	
	침실3	R3	3.3*3.6*2.4	11.88	초배치	2.7*2.45	목재	
	침실4	R4	3.3*3.0*2.4	9.90	초배치	2.1*1.5	목재	
	부엌	K	5.9*3.6*2.4	21.24	초배치	3.0*2.1	목재	
	거실1	L1	5.1*5.6*2.4	28.56	초배치	4.2*2.45	목재	
52	거실2	L2	2.7*3.6*2.4	9.72	초배치	2.1*2.45	목재	창간격 : 0.1
	침실1	R1	3.3*3.6*2.4	11.88	초배치	2.4*1.8	목재	
	침실2	R2	4.5*3.9*2.4	17.55	초배치	3.3*1.8	목재	
	침실3	R3	3.0*3.3*2.4	9.90	초배치	2.4*2.45	목재	
	부엌	K	5.62*3.4*2.4	19.11	초배치	2.7*2.1	목재	

주) 단위 : m



66 평형 평면도



52 평형 평면도

Fig. 1 plan of objective apartment

### 2.2 실험용 음원의 녹음 및 주파수별 특성

공동주택에서의 외부소음은 크게 나누어보면, 도로 교통소음, 철도소음, 항공기소음, 건설공사장소음 및 환경소음 등으로 구분해 볼 수 있으며, 본 연구에서는 공동주택 외부에 존재하는 여러 소음을 녹음한 후 실험용 음원으로 사용하였고 일반적으로 실험용 음원으로 사용되는 화이트노이즈(white noise)의 실험결과와 비교하였다.

기존 문헌을 기초로 하여 실험에 사용된 외부음원의 음압레벨을 조사하여 현장 조건, 즉 현장에서의 배경소음을 고려하여 레벨을 다소 높게 조정하였다. 건설소음은 일시적이며 비교적 단시간에 발생하는 소음으로서, 기존 문헌에 따라 30m 이격된 경우 공사장소음은 80dB(A)로 조사되었으며, 실험용음원은 이보다 다소 높은 83.5dB로 설정하였다. 항공기소음의 경우 소음이 문제가 되어 빈번히 민원이 제기되는 지역인 광주 S지역 등에서 실측한 값을 바탕으로 설정하였는데 전투기와 민항기의 두 종류로 나누어 살펴 보았다. 전투기는 84.6dB로 설정하였고 민항기는 73.2dB로 설정하였는데 여기서는 보다 소음 피해 정도가 큰 전투기소음을 실험대상 소음으로 결정하였다. 철도소음의 경우에는 건물이 들어서는데 지장이 없는 철도보호지구 외의 지역(30m이상)을 기준으로 레벨을 설정하였는데 기존 문헌에서는 30~40m 이격시 75~80dB(A)로 나타내고 있다. 여기서는 문헌보다 더 높은 87.4dB로 설정하였다. 도로교통소음은 주로 자동차에 따른 소음으로서 단위차량(1대)당 음향파워가 크고 교통량이 많아서 중요한 소음원으로 대두되고 있으며, 실제 피해 범위가 광범위하게 확산되고 있는 실정이다. 일본음향재료협회는 10m 이격된 일반도로에서의 소음레벨을 78~79 dB(A)로 제시하고 있다. 본 연구에서는 고속도로소음을 사용하였고 일반도로에 비해 차량의 통과대수와 속도 등이 크므로 80.5dB 정도로 설정하였다. 마지막으로 음원에 대한 기준음원으로서 제시된 White noise에 대해서는 특정레벨이 정해져 있지 않으므로 현장배경소음을 고려하여

Table 2 Exterior noise sources

구분	음원	기호	dB
1	공사장소음	dozer	83.5
2	항공기소음	plane	84.6
3	철도소음	train	87.4
4	고속도로소음	traffic	80.5
5	화이트노이즈	white	94.2

94.2dB로 설정하였다.

Fig. 2는 외부음원의 주파수별 음압레벨 특성을 보여주고 있다. 외부소음들은 white noise에 비해 고주파수 대역에서는 낮은 음압레벨을 나타내고 있지만 중·저주파수 대역에서는 서로 비슷한 패턴을 나타내고 있다.

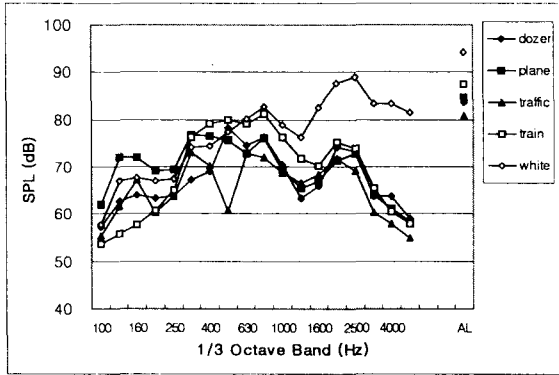


Fig. 2 SPL of noise sources measured with the reference microphone in dB (66 PY)

### 2.3 실험기기 구성도

기준위치에 대한 각 실에서의 음압레벨차를 분석하기 위하여 창 의 차음성능 측정을 측정한 후 외부음원에 대한 실내 각 위치에서의 음압레벨차를 산출하였다. 측정방법은 ISO 140-5 및 KS F 2235에 준하여 실시하였다. 스피커의 위치는 창 차음성능 측정시 측정대상 창 중심으로부터 4.5°, 5m 이격시켰으며, 실내 음압레벨 분포 측정시에는 세대 중심으로부터 수직방향으로 15m 이격시켜 설치하였다. 또한, 실내의 마이크로폰을 각각 설치하여 동시에 실내의 음압레벨차를 측정하였으며, 외부창호의 차음성능값 산출시에는 두 실의 음압레벨차와 수음실의 흡음력을 이용하여 계산하였다.

측정실내에서의 마이크로폰 위치는 각각 다섯 위치를 선정하였으며, 각 위치에서 세 번씩 측정한 값을 평균하여 음압레벨차를 산출하였다.

실험에 사용된 기기내역은 다음과 같으며, 기기구성도는 Fig. 3과 같다.

- 1) Symphonie (01dB, dBFA)
- 2) Microphones (B&K Type 4134)
- 3) Preamplifiers (B&K Type 2669)
- 4) Notebook Computer (IBM)
- 5) Sound Power Source (B&K Type 4205)
- 6) Tripod
- 7) Speakers (B&K Type HP1001, B&K4224)

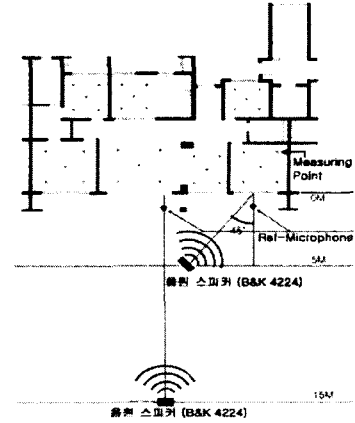


Fig. 3 Composition of measurement instruments

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 거실 및 침실 창호의 차음성능

Fig. 4는 66평형 외부창에 대한 차음성능을 측정하여 각각 KS와 ISO에서 규정하는 계산식을 사용하여 그래프로 나타낸 것이다. ISO 규정에서는 실의 흡음력이 달라지더라도 투과손실 산출식에서 흡음력 보정에 의해 일정한 투과손실값을 나타내므로 실내의 흡음조건이 크게 문제가 되지 않지만, KS의 규정에서는 실내의 흡음력에 따라 창 의 차음성능이 달라지게 된다. 그림을 보면 KS 방법에 의한 차음특성은 250Hz 대역을 전후해서 저주파수 대역에서는 거실창의 차음성능이 높으며, 중고주파수 대역에서는 침실창의 차음성능이 높음을 알 수 있다. 또한 ISO 방법에 따르면 250Hz 대역 이전의 저주파수 대역에서는 KS 방

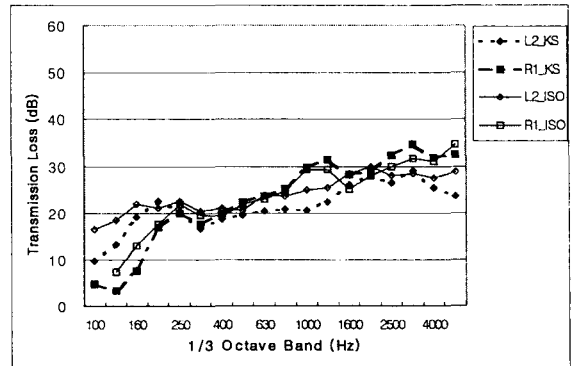


Fig. 4 Comparison of sound insulation performances of windows installed in bed room and living room in accordance with KS, ISO method.

법과 유사하게 거실창의 차음성능이 높으며 250Hz ~ 800Hz 대역까지는 거의 비슷한 차음성능을 보이고 있다. 800Hz 대역 이상에서는 침실창의 차음성능이 보다 높게 나타나지만 1.6kHz 및 2kHz 대역에서는 거실창의 차음성능이 약간 높게 나타나고 있다.

### 3.2 외부음원 종류에 따른 실내 각 위치에서의 주파수별 음압레벨차

Fig. 5(a)는 공사장소음에 대한 실내부에서의 음압레벨차를 나타낸 것이다. 거실1, 2 및 침실 1, 2에서의 음압레벨차 패턴은 각각 외부에 면한 창 of 차음특성에 좌우됨을 알 수 있다. 침실과 거실의 외부창 차음성능 비교와 마찬가지로 250Hz 대역을 전후하여 차음성능 차이가 교차하고 있음을 알 수 있다. 침실과 거실에서의 차음성능 차이는 KS방법에 의해 나타났던 차이를 보이고 있다. 그 이유는 ISO 방법의 경우 실내흡음력 보정항이 있고, KS 방법 및 실내음압레벨차를 계산할 때에는 흡음력에 대한 별도의 보정이 없었기 때문에 유사한 결과를 보이는 것으로 사료된다. 주파수별 특성을 보면, 1.25kHz 대역에서 투과손실이 크게 저하하고 있는데 그 이유로는 음원의 파워레벨이 낮아 배경소음의 영향을 받았기 때문으로 사료된다.

Fig. 5(b)는 항공기 소음에 대한 실내부에서의 주파수별 음압레벨차를 나타낸 것이다. 공사장소음에 비

해 저주파수 대역에서 실별 음압레벨차가 크게 나타나고 있는데, 그 이유로는 항공기 소음의 주파수별 특성이 다른 소음원에 비해 저주파수 대역에서 높은 파워레벨을 갖기 때문으로 사료된다.

Fig. 5(c)는 철도소음에 대한 실내부에서의 음압레벨차를 나타낸 것이다. 앞의 결과와 달리 315Hz 이하 저주파수 대역에서 침실3, 4 및 부엌에서의 음압레벨차가 크게 나타나지 않고 낮게 나타남을 알 수 있다. 그 이유는 철도소음원의 주파수별 특성이 저주파수 대역에서 낮게 나타났기 때문이다.

Fig. 5(d)는 고속도로소음에 대한 실내부에서의 주파수별 음압레벨차를 나타낸 것이다. 특히 다른 소음원과 달리 음원의 영향으로 인해 500Hz 대역에서 음압레벨차가 낮게 나타나고 있다.

Fig. 5(e)는 66평형에서의 화이트노이즈에 대한 실내부에서의 주파수별 음압레벨차를 나타낸 것이다. 외부소음원을 사용한 경우와 달리 부엌과 침실3, 4에서의 음압레벨차가 다르게 나타나고 있다. 실제 소음원의 경우에는 표준음원이 화이트노이즈에 비해 음압레벨이 낮아 외부로부터 깊숙이 위치한 실에서의 음압레벨 감쇠가 적절히 나타나지 않음을 볼 수 있다.

Fig. 5(f)는 52평형에서의 화이트노이즈에 대한 실내부에서의 주파수별 음압레벨차를 나타낸 것이다. 52평 또한 66평형의 그래프와 유사한 형태를 보여주고 있다. 그러나 66평형이 고주파수대역에서 일정한

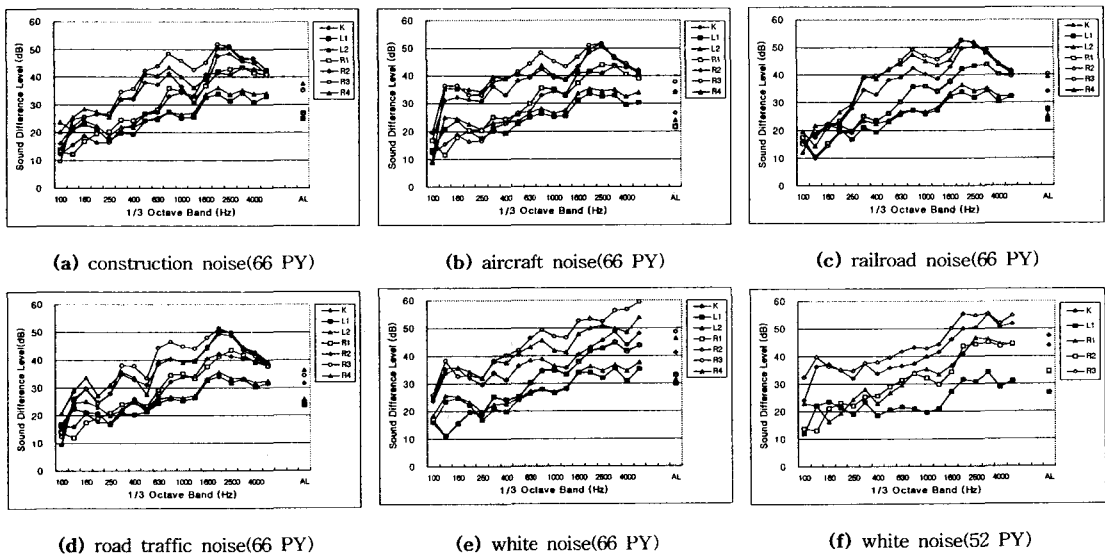


Fig. 5 Sound level differences in each room to the noise sources

증가를 보여주고 있는 반면에 52평형 침실3에서는 감소를 보여주고 있다.

### 3.3 동일실에서 음원종류별 음압레벨차

Fig. 6(a), (b)는 각각 거실1 및 침실1에서의 음원종류별 음압레벨차를 보여주고 있다. 측정실의 위치가 외부에 면해 있는 실들로서 모든 종류의 소음에 대해 거의 동일한 음압레벨차를 보이고 있으며 외부에 설치된 창 차음성능에 의해 그 감쇠특성이 좌우되고 있음을 볼 수 있다.

Fig. 6(c) 및 (d)는 침실3 및 부엌에서의 음원종류별 음압레벨차를 보여주고 있다. 측정실들은 음원으로부터 멀리 위치한 실들로서 음원의 파워레벨 크기에 따라 주파수별 음압레벨차가 다르게 나타나며, 특히 레벨이 낮은 저주파수 대역에서 크게 차이가 나고 있다.

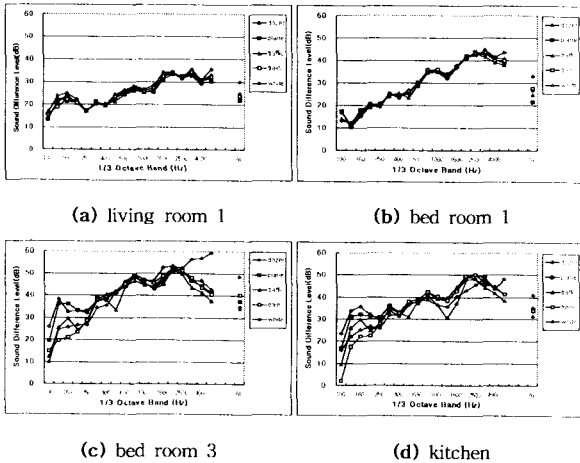


Fig. 6 Sound level differences in each room to the noise sources

### 3.4 외부소음에 대한 실내부에서의 음압레벨 예측가능성 검토

table 3은 음원종류에 따른 음압레벨차를 단일값으로 나타낸 것이다. 화이트노이즈와 실제 소음원에 의한 레벨차는 거실 및 침실1, 2 등 외부에 위치한 실에서 적게 나타나며, 실 깊숙이 위치한 침실3, 4에서는 최대 14.2dB까지 높게 나타나고 있다. 거실1에 대한 각 실의 음압레벨차를 비교해 보면 침실3의 경우 최대 18.7dB 높은 감쇠레벨을 보이고 있다.

66평과 52평에서의 화이트노이즈에 대한 음압레벨차를 비교해 보면 그 차이가  $\pm 3\text{dB}$  이내의 차이를

table 3 Sound level differences depending on the noise sources

구분	실명	음원종류	음압레벨차	레벨차1'	레벨차2''
66평	거실1	공사장소음	24.8	최대: 8.0dB 최소: 5.0dB	0
		항공기소음	21.8		
		철도소음	23.6		
		고속도로소음	23.5		
		화이트노이즈	29.8		
	거실2	공사장소음	25.6	최대: 7.5dB 최소: 5.6dB	1.6
		항공기소음	23.9		
		철도소음	25.2		
		고속도로소음	25.8		
	부엌	공사장소음	35.3	최대: 9.5dB 최소: 5.8dB	11.3
		항공기소음	34.2		
		철도소음	33.9		
고속도로소음		31.6			
52평	침실1	공사장소음	26.8	최대: 11.5dB 최소: 5.4dB	3.2
		항공기소음	21.5		
		철도소음	27.6		
		고속도로소음	24.8		
	침실2	공사장소음	33.0	최대: 8.0dB 최소: 6.0dB	3.1
		항공기소음	26.5		
		철도소음	26.9		
		고속도로소음	24.9		
	침실3	공사장소음	32.9	최대: 14.2dB 최소: 8.2dB	18.7
		항공기소음	35.0		
		철도소음	37.5		
		고속도로소음	40.3		
침실4	공사장소음	34.3	최대: 12.2dB 최소: 6.9dB	16.5	
	항공기소음	34.1			
	철도소음	39.4			
	고속도로소음	36.3			
52평	거실1	화이트노이즈	26.8		-3.0dB
	부엌	화이트노이즈	44.0		2.9dB
	침실1	화이트노이즈	34.2		1.2dB
52평	침실2	화이트노이즈	34.5		1.6dB
	침실3	화이트노이즈	47.4		-1.1dB

주1) 화이트노이즈에 대한 레벨차 주2) 거실에 대한 레벨차

보이고 있으며, Fig. 7은 음원종류별 음압레벨차를 그래프로 나타낸 것이다. 실의 위치에 따라 음압레벨차가 구분되어지며, 음원종류별 차이는 크게 나타나지 않으나 화이트노이즈에 대한 차이는 5 ~ 14dB로 나타난다. 따라서 실험실 실험을 통하여 계산된 창의 차음성능을 사용할 때에는 음원종류에 따라 일정 레벨 정도의 보정값이 필요할 것으로 사료된다.

Fig. 8은 같은 구조의 창을 서로 다른 평면형에 사용하였을 경우 레벨차를 보기 위하여 화이트노이즈를 사용한 경우 실내 각위치에서의 66평형과 52평형간의 음압레벨차를 비교한 그래프이다. table 3에서 살펴본 바와 같이 유사한 값을 보이고 있으며 따라서, 동일 구조의 창호를 설치한 유사구조의 평면형에서 음압레벨차를 예측할 수 있음을 알 수 있다.

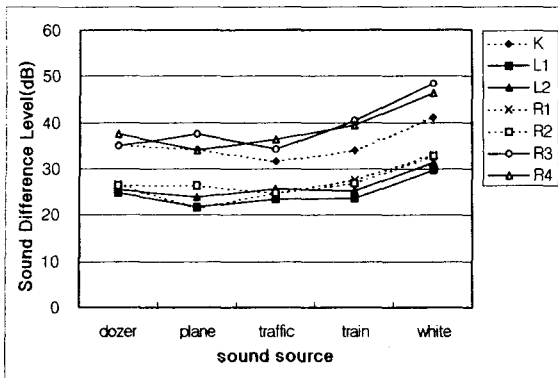


Fig. 7 Comparison of SPL depending on the noise sources among rooms(66 PY)

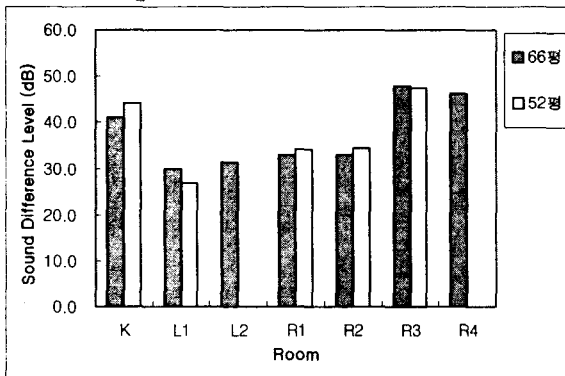


Fig. 8 Comparison of sound level differences between two apartments(66 vs. 52 PY)

#### 4. 결론

생활이 변천함에 따라 외부에 대한 소음원도 다양해졌다. 과거에는 아이들 뛰어 노는 소리가 주류를 이루었으나 최근 들어서는 공장소음, 도로교통소음, 철도소음 등 다양하여졌다. 본 연구에서는 이러한 여러 소음원을 사용하여 공동주택 실내부에서의 음압레벨차를 측정함으로써 소음에 대한 실내소음레벨 예측 가능성을 검토하였다.

본 연구를 통해 도출된 주요 결론을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 실내부에서의 음압레벨은 외부에 면한 창의 차음특성에 의해 좌우되며, 각 실에서의 주파수별 감쇠레벨이 일정한 패턴을 보임으로써 외부소음에 대한 실내 소음레벨 예측가능성을 확인하였다.
- 2) 실내부에서의 감쇠특성은 KS 방법에 의해 산출한 차음성능값의 패턴과 유사하게 나타났다. 그 이유는 ISO 방법의 경우 실내 흡음력을 보정하기 때문으

로서, 실내음압레벨차를 계산할 경우 별도의 흡음력 보정을 하지 않았기 때문이다.

3) 일반적으로 공동주택 외부에 존재하는 소음원을 대상으로 투과손실값을 비교할 경우 소음원의 종류별 차이는 크게 나타나지 않았으나, 표준음원인 White noise를 사용했을 때의 값과는 큰 차이를 보였다. 따라서, 실험실 실험에서의 차음성능값을 실내음압레벨 차 분석에 그대로 사용할 경우 음원종류에 따른 보정이 필요할 것으로 사료된다.

4) 실내 각 실에서의 음압레벨 차이는, 외부에 면한 실인 거실을 기준으로 외부음원에 면한 침실에서는 창 차음성능의 영향으로 인해 3dB정도 높았으며, 부엌에서는 거실과의 경계문으로 인해 약 10dB정도 높게 나타났다. 또한 외부음원과 멀리 떨어져 있는 침실에서는 약 18dB 정도 높은 음압레벨차를 보였다.

5) 같은 구조로 된 창을 설치한 서로 다른 평면형에서의 실별 음압레벨차를 분석한 결과 그 차이가 2dB 이내로 미미하게 나타났다. 따라서, 외부음원에 면한 창의 차음성능을 알고 있을 때 실별 음압레벨차를 근사하게 예측할 수 있음을 확인하였다.

본 연구는 특정 창에 대한 실내 음압레벨차를 측정 및 분석한 것으로서 향후 다양한 창의 종류 및 아파트 평면형에 대한 분석을 통하여 보다 정확한 내부소음레벨 예측시스템을 개발할 수 있을 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

1. 김선우·장현충·송혁·이주엽·박현구(1999), "유리의 종류와 구성에 따른 차음특성 및 평가등급에 관한 연구", 대한건축학회논문집, 제15권 제11호
2. 이옥균, 박현구, 최형욱, 송혁, 김선우(2000), "KS와 ISO 규정에 의한 창의 차음성능 측정방법에 관한 연구", 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집
3. 박현구·이옥균·한동화·송혁·김선우(2000), "공동주택에서 음원특성에 따른 외부창호 차음성능 변화", 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집
4. 日本建築學會(1979), "建築物の遮音性能基準と設計指針", 技報堂
5. J.H.Rindel(1975), Transmission of Traffic Noise through Windows, Technical University of Denmark, Licentiat Thesis