

# 공동주택 발코니 창호의 차음성능 평가에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on Evaluation of the Sound Insulation for Balcony Window in Apartment Houses

김 명 준† · 김 하 근\*

Myung-Jun Kim and Ha-Geun Kim

(2004년 6월 30일 접수 : 2004년 10월 15일 심사완료)

**Key Words** : Sound Insulation(차음성능), Balcony Window(발코니창호), Apartment Houses(공동주택), Building Facades(외벽), Global Method(전체법), Element Method(부재법), Sound Reduction Index(음향감쇠계수)

### ABSTRACT

In an apartment house in Korea, the balcony is one of the important spaces as a buffer zone for controlling the outdoor environments such as noise, heating & cooling load, humidity etc. Because most areas of building facade in apartment building occupy the area of balcony window, the sound insulation design of it is very important to provide the quiet indoor environment. The aim of this research is to evaluate the sound insulation of balcony windows in apartment building by new and revised Korean Industrial Standards. We measured and studied the sound insulations of 18 balcony windows by the type of measuring methods, noise sources, correction of reverberation time in balcony and so on. The results show that the single-number quantities for sound insulation of windows are ranged from 24 dB to 30 dB.

### 1. 서 론

국내 공동주택은 대부분 발코니라는 특수한 공간을 지니고 있다. 발코니는 실내공간(거실 또는 침실)과 옥외공간 사이의 심리적, 공간적 완충역할을 하는 보조공간으로 발코니에 설치되는 창호 및 발코니 공간은 소음차단이나 건물 열부하 등 건축환경적인 측면에서 환경요소의 조절을 위한 중요한 의미를 지닌다.

발코니는 현재 건축법령상(건축법시행령 제119조) 바닥면적에 산입되지 않는 일종의 서비스면적이나, 입주 시점을 전후하여 발코니 공간의 활용 확대를 위

해 대다수의 입주자(경우에 따라서 주택공급자)가 발코니 창호를 설치하고 있다. 특히 최근에 공급되고 있는 공동주택은 구조적으로 발코니 창호가 건물외피의 절대적인 부분을 차지하고 있으며, 또한 외벽에 비해 창호의 차음성능이 상대적으로 취약한 경우가 일반적이기 때문에 발코니 창호의 차음성능은 날로 심각해지는 외부소음의 차단이라는 관점에서 그 중요성이 지속적으로 부각되고 있다.

한편 국제규격에 부합하여 건축음향과 관련된 한국 산업규격의 개정 및 제정 작업이 대대적으로 이루어졌으며, 그 일환으로 건물외벽 부재인 창호의 경우에도 차음성능 측정<sup>(1)</sup> 및 평가방법<sup>(2)</sup>의 개정 및 제정 작업이 완료되어, 객관화된 건축물의 음향성능을 측정·평가할 수 있는 시스템이 마련되었다. 개정된 측정방법은 기존의 규격(KS F 2235: 1989, 창 및 문의 차음성능 측정방법)을 ISO 규격<sup>(3)</sup>에 맞추어 개정한 것으로서, 부재법(element method)과 전체법(global

† 책임저자 : 정희원, 서울시립대학교 건축도시조경학부  
E-mail : mjunkim@uos.ac.kr

Tel : (02) 2210-5639, Fax : (02) 2248-0382

\* 정희원, 대한주택공사 주택도시연구원

method) 두 가지를 측정방법으로 제시하고 있다. 부재법은 창호와 같은 외벽부재의 음향감쇠계수 산출에 목적을 두고 있으며, 전체법은 외벽의 실제적인 차음 성능을 나타내는 내외부 음압레벨차 산출에 목적을 두고 있다. 또한 측정시 음원으로는 스피커 뿐 아니라 실제 교통소음을 사용할 수 있도록 하는 등 측정방법이 다양하게 규정되어 있다.

따라서 효율적인 건물외피의 차음설계를 통하여 외부소음의 실내 유입을 최소화하기 위해서는 우선적으로 발코니 창호의 차음능력이 객관적으로 파악되어야 한다. 특히 발코니 창호는 우리나라 공동주택에서 찾아볼 수 있는 독특한 건물부재이기 때문에 현장에서의 차음성능 측정 및 평가시 국제 규격에 따른 개정 측정·평가방법의 적용성과 각종 측정조건이 차음성능 평가량에 미치는 영향에 대한 다각적인 검토가 요구되고 있다.

이에 이 연구에서는 공동주택에 설치되고 있는 발코니 창호를 대상으로 개정된 한국산업규격에 의거하여 현장에서 차음성능을 측정·평가하고, 동일한 구조를 갖는 창호의 차음성능 변동성, 전체법 및 부재법 적용에 의한 차음성능, 음원조건에 따른 차음성능, 발코니 공간의 흡음조건에 의한 차음성능 등 각종 측정조건이 차음성능 평가량에 미치는 영향을 고찰하였다.

## 2. 측정 개요

### 2.1 측정대상 발코니창호

측정대상 공동주택은 수도권에 소재하고 있는 총 3개 현장(SH, WT, AG 아파트)을 대상으로 하였으며, 각 현장별로 2~3개의 창호를 선정하여 차음성능

을 측정·평가하였다. 또한 측정은 3개 측정대상 공동주택 모두 입주직전의 시점에서 수행되었으며, 스피커를 음원으로 사용하는 경우는 주변의 배경소음 영향을 최소화하기 위하여 조용한 주동을 선정하였다. 단, WT아파트에서는 도로소음을 음원으로 사용하기 위하여 도로와 인접한 주동을 추가로 선정하여 측정을 수행하였다.

측정대상 아파트에 설치된 발코니 창호는 모두 플라스틱(PVC) 재질의 창호로서, 입주자가 개별적으로 설치하여 온 일반적인 관행과는 달리 주택공급업체에서 동일한 규격의 창호를 전체 세대에 일괄적으로 설치하고 있었다.

거실에 면한 발코니(이하, 거실면 발코니)는 대체로 건물의 전면부에 설치되며 발코니의 순수 폭은 약 1.5m로 설계되어 있다. 거실면 발코니창호는 높이가 약 2.3m이며 가로 폭은 거실면 폭과 유사한 정도의 크기를 가지고 있어 발코니창호가 외피의 대부분을 차지하고 있다. 침실에 면한 발코니(이하, 침실면 발코니)는 건물의 전면부 또는 후면부에 위치하고 있으며, 발코니의 순수 폭은 약 1.0m 정도이며, 여기에 설치되는 창호는 높이 1.25m, 너비 2.1~2.7m의 크기로 콘크리트면 위에 설치되고 있다. 침실부 건물외피 면적에서 발코니창호가 차지하는 면적 비율은 35~40% 내외 인 것으로 분석되었다.

발코니창호에 설치되는 유리는 측정대상 아파트 모두 6mm의 중공층을 사이에 두고 양측에 각각 5mm 두께의 단층유리로 이루어진 총 16mm 복층유리로 구성되어 있다.

측정대상 아파트 및 발코니 창호의 개요는 Table 1과 같으며, 발코니 창호의 단면과 아파트 평면은 각

Table 1 The outlines of unit house and balcony window

Name of apartment	Unit house			Balcony area		Balcony window			
	Type of area for sale	Measured floor	Finished year of construction	Adjacent room to balcony	Width of balcony (m)	Samples for measuring	Size of balcony window (mm)	Material of frame	Glass (mm)
SH Apt.	59.5 m <sup>2</sup> (25 pyong)	1	2003	living R.	1.5	3	3,700×2,300	PVC	16 mm (5-A6-5)
WT Apt.	84.4 m <sup>2</sup> (33 pyong)	1	2004	living R.	1.5	3	4,520×2,300	PVC	16 mm (5-A6-5)
				bed R.	1.0	3	2,700×1,250		
AG Apt.	59.6 m <sup>2</sup> (23 pyong)	1	2003	living R.	1.5	2	4,000×2,300	PVC	16 mm (5-A6-5)
				bed R.	1.0	2	2,100×1,250		

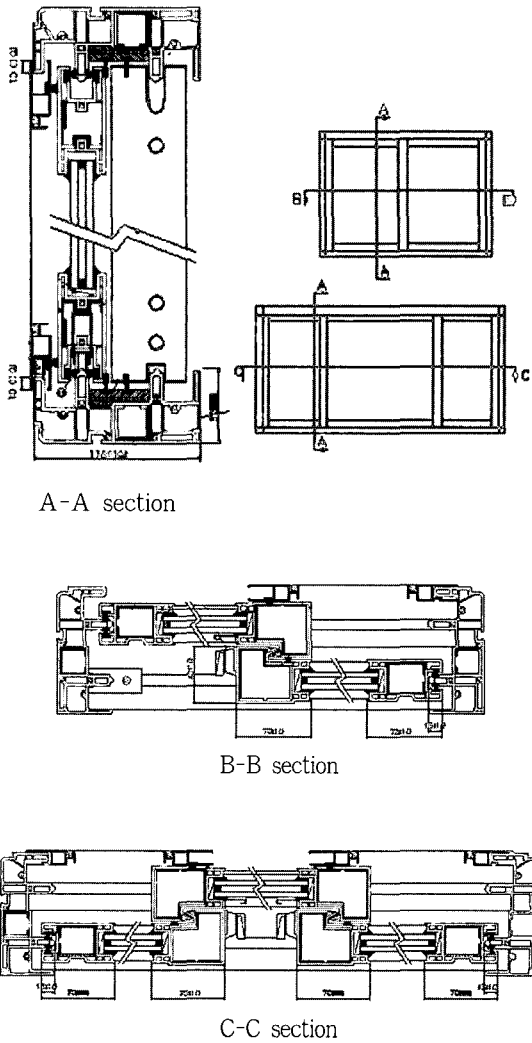
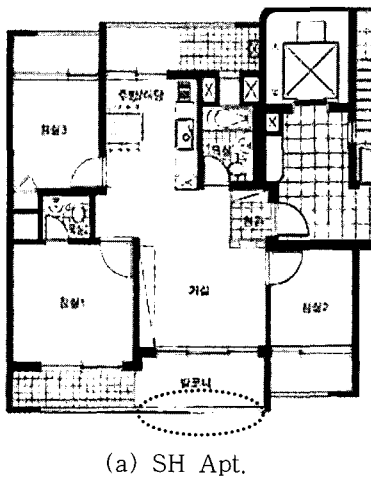
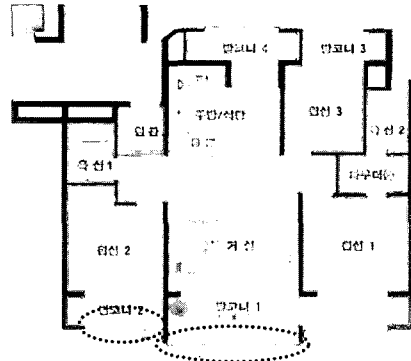


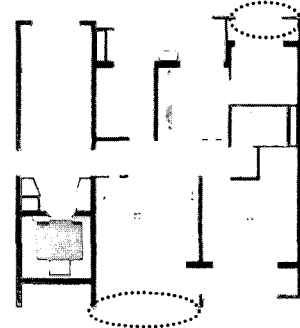
Fig. 1 The section of balcony window



(a) SH Apt.



(b) WT Apt.



(c) AG Apt.

Fig. 2 The floor plans and balcony windows for measuring

각 Fig. 1, Fig. 2와 같다.

## 2.2 측정 및 평가 방법

한국산업규격(KS F 2235, “외벽 및 외벽부재의 공기전달음 차단성능 현장측정방법”, 2001)에 의하면 외벽 부재에 대한 음향특성 측정은 부재법을, 외벽 전체의 음향특성 측정은 전체법을 적용하는 것으로 규정하고 있으며, 이때 사용 음원으로는 부재법의 경우 스피커를, 전체법인 경우 실제의 교통소음원을 권장하고 있다. 그러나 권장 음원의 사용이 용이하지 않을 경우 타 음원을 적용할 수 있도록 제시하고 있다.

Table 2는 대상 아파트별로 측정방법 및 사용 음원의 종류를 정리하여 나타낸 것으로, 이 연구에서는 발코니 창호의 공기전달음 차단성능 현장 측정시 옥타브밴드 측정을 기본으로 하였다.

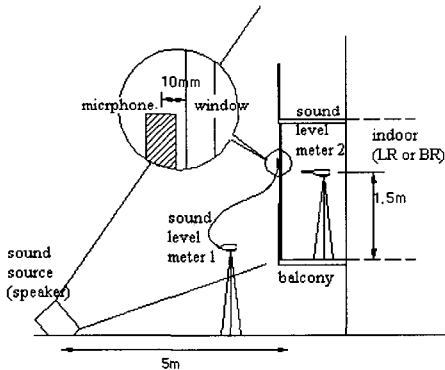
Fig. 3은 스피커를 음원으로 사용한 부재법과 전체법의 측정방법 예를 나타낸 것으로, 스피커(RION, SF-05 및 SS-02)는 부재법의 경우 음원과 발코니창호까지의 최단거리가 5m(외벽면에서의 수직거리,  $d > 3.5m$ ), 전체법의 경우는 7m( $d > 5m$ )가 되도록

하고 입사각도는 45°±5°가 되도록 설치하였다. 또한 측정시 소음계(RION, NA-27 및 NA-29)는 발코니 내외부에 각각 설치하여 동시에 측정하였다. 도로 소음을 음원으로 사용한 경우는 스피커를 제외하고 Fig. 3과 같은 개념으로 측정을 수행하였다.

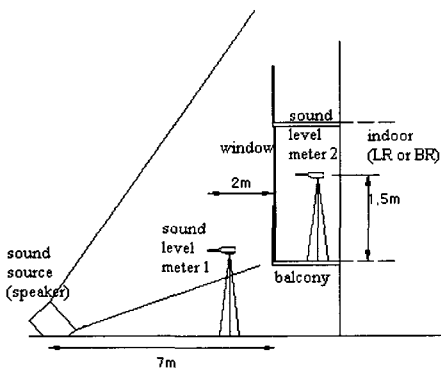
측정조건별 측정 결과량은 한국산업규격에 의거하여 다음과 같은 방법으로 산출하였다.

**Table 2** The condition of measurement

Name of apartment	Measuring method	Source
SH Apt.	Element method	Speaker
	Global method	Speaker
WT Apt.	Element method	Speaker
		Road traffic noise
	Global method	Speaker
AG Apt.	Global method	Speaker



(a) Element method



(b) Global method

**Fig. 3** Diagram of measuring system by speaker

- (1) 겉보기 음향감쇠계수,  $R_{45}$ : 음원이 스피커이고, 입사각이 45°인 경우의 겉보기 음향감쇠계수

$$R_{45} = L_{1,s} - L_2 + 10 \log(S/A) - 1.5 \text{ [dB]} \quad (1)$$

단,  $L_{1,s}$ : 시료면에서의 평균음압레벨 [dB]

$L_2$ : 수음실(발코니내부)에서의 평균음압레벨 [dB]

$S$ : 발코니 창호가 설치된 개구부 면적 [m<sup>2</sup>]

$A$ : 수음실(발코니내부)의 등가흡음력 [m<sup>2</sup>]

- (2) 겉보기 음향감쇠계수,  $R_{tr,s}$ : 교통소음을 이용하고 외부마이크로폰이 시험편에 위치하는 경우

$$R_{tr,s} = L_{eq,1,s} - L_{eq,2} + 10 \log(S/A) - 3 \text{ [dB]} \quad (2)$$

단,  $L_{eq,1,s}$ : 시험편 및 외벽의 반사를 고려한 등가음압레벨 [dB]

$L_{eq,2}$ : 수음실(발코니내부)에서의 평균음압레벨 [dB]

- (3) 표준화 음압레벨차,  $D_{2m,nT}$ : 수음실의 잔향시간 기준값에 대응하는 음압레벨차

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \log(T/T_0) \text{ [dB]} \quad (3)$$

단,  $L_{1,2m}$ : 외벽 전방 2m에서의 음압레벨 [dB]

$T$ : 수음실(발코니내부)의 잔향시간 [sec]

$T_0$ : 기준잔향시간 [=0.5 sec]

교통소음을 음원으로 사용한 경우에는  $D_{tr,2m,nT}$ , 스피커를 음원으로 사용한 경우에는  $D_{is,2m,nT}$ 로 표기한다.

식 (1)~식 (3)에 의해 산출된 측정 결과량으로부터 한국산업규격(KS F 2862, “건물 및 건물부재의 공기전달음 차단성능 평가방법”, 2002)에 따라 발코니 창호의 공기전달음 차단성능에 관한 단일수치평가량(single-number quantity)을 산정하였다. 단일수치평가량으로는 규격에서 제시하고 있는 공기음 차단성능 기준곡선을 이용하여 가중 겉보기음향감쇠계수( $R_{45,w}$ ,  $R_{tr,s,w}$ : weighted apparent sound reduction index)와 가중 표준화음압레벨차( $D_{is,2m,nT,w}$ : weighted standardized sound level difference)를 분석하였다.

### 3. 발코니 창호의 차음성능 평가 및 고찰

#### 3.1 측정대상 창호별 차음성능 평가결과

3개 아파트 현장에서 측정한 발코니 창호의 차음성능 측정결과를 토대로 평가척도인 단일수치평가량 (single-number quantity)을 산정하여 나타내면 Table 3과 같다. 단일수치평가량은 기본적으로 부재법에 의한 측정인 경우 가중 결보기음향감쇠계수로, 전체법에 의한 측정인 경우는 가중 표준화음압레벨차로 나타내고 있다.

측정대상 발코니 창호의 차음성능 단일수치평가량은 측정방법, 측정시 사용 음원의 종류 등 다양한 요인들에 따라 차이가 있으나 전반적으로 최저 24 dB에서 최고 30 dB까지의 분포를 보이고 있으며, 18개 대상 창호의 산술평균값은 약 26.3 dB인 것으로 분석되었다.

또한 아파트별로 2~3개 세대에서 크기, 구조 등이 모두 동일한 발코니창호의 차음성능을 분석한 결과, 차음성능 단일수치평가량 간의 차이는 스피커를 음원으로 사용한 부재법의 경우 세대별로 1 dB 이내, 스피커를 음원으로 사용한 전체법의 경우 2 dB 이내인

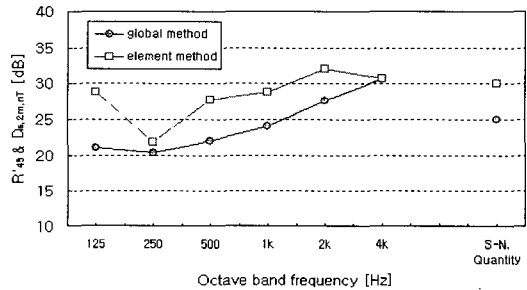
것으로 나타났다. 또한 도로소음을 음원으로 사용한 부재법에서는 세대별로 1~3 dB의 평가량 차이를 보이고 있다.

#### 3.2 전체법과 부재법에 의한 차음성능 비교

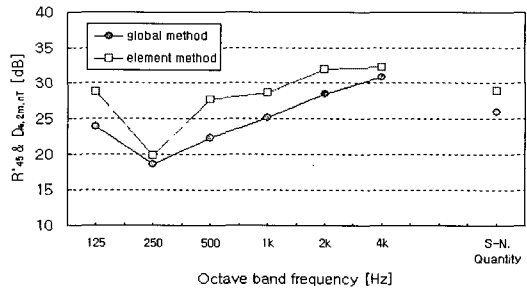
외벽 및 외벽부재의 차음성능 측정방법에서 제시되고 있는 부재법과 전체법은 기본적으로 측정목적에 따라 다소 차이가 있다. 부재법은 창과 같은 외벽부재를 투과하는 음에너지의 차단능력을 나타내는 음향감쇠계수 산출에 목적이 있다. 따라서 실험실에서의 차음성능 측정방법에서 규정하는 바와 같이 음원실과 수음실의 음압레벨 차이에 수음실의 흡음력 및 시료의 면적을 보정하여 산출한다. 반면 전체법은 외벽 전

Table 3 Single-number quantities for airborne sound insulation of balcony windows

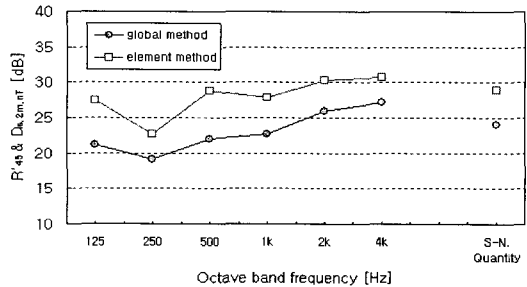
Apt.	Type of method	Source	Adjacent room to balcony	Unit No.	Single-number quantity		
					(dB)	Symbol	
SH	Element method	Speaker	Living room	106	30	$R_{45', W}$	
				107	29		
				108	29		
	Global method	Speaker	Living room	106	25	$D_{1s, 2m, nT, W}$	
				107	26		
				108	24		
WT	Element method	Speaker	Living room	105	27	$R_{45', W}$	
			Bedroom	105	27		
		Road traffic noise	Living room	101	24		$R_{tr, S, W}$
			102	27			
	Bedroom	101	24				
		102	25				
	Global method	Speaker	Living room	105	24	$D_{1s, 2m, nT, W}$	
			Bedroom	105	28		
AG	Global method	Speaker	Living room	103	27	$D_{1s, 2m, nT, W}$	
			105	27			
			Bedroom	103	26		
			105	25			



(a) Unit No. 106 - living room balcony window



(b) Unit No. 107 - living room balcony window



(c) Unit No. 108 - living room balcony window

Fig. 4 Sound insulation by measuring method (SH Apt.)

방 2m에 대한 외벽전체의 차음성능을 나타내는데 목적이 있으며 측로전달음의 영향도 고려된다.

Fig. 4와 Fig. 5는 각각 SH, WT 아파트 현장에서 동일한 구조의 발코니 창호를 대상으로 부재법과 전체법에 의한 차음성능 측정·평가결과의 차이를 비교하여 나타낸 것으로, 음원은 모두 스피커를 사용하였다.

Fig. 4에서와 같이 SH 아파트의 경우 거실면 발코니 창호에서 측정된 차음성능은 3개 세대 모두 부재법이 전체법에 비해 대부분의 주파수대역에서 차음성능이 높은 것으로 평가되었으며, 단일수치평가량을 비교하면 3~5dB의 차이가 있는 것으로 파악되었다. Fig. 5에서와 같이 WT 아파트의 경우 거실면 발코니 창호에서 측정된 차음성능은 SH 아파트에서와 유사하게 부재법이 전체법에 비해 단일수치평가량이 3dB 높은 것으로 평가되었다. 반면 침실면 발코니 창호의 경우 250 Hz~1kHz 주파수대역에서 전체법이 다소 높은 차음량을 보이고 있으며, 단일수치평가량으로는 부재법에 비해 1dB 높은 것으로 평가되었다.

전반적으로 부재법이 전체법에 비해 높은 차음성능을 나타내는 것은 음원측 음압레벨 측정조건의 차이가 크게 작용하였기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 이러한 원인 이외에도 측로전달음의 영향이나 창호의

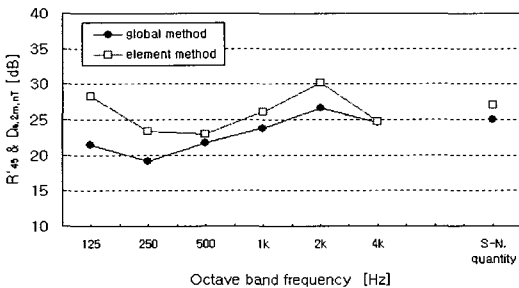
크기 및 전체 외벽면적에 대해 창호가 차지하는 면적 비율 등 다양한 조건에 영향을 받을 수 있으므로 추후 보다 세부적인 검토가 필요하다고 사료된다.

### 3.3 음원에 의한 차음성능 비교

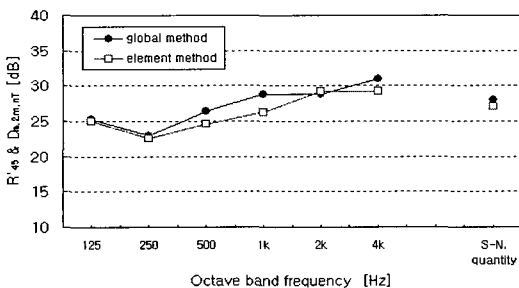
#### (1) 사용 음원의 종류에 따른 차음성능

외벽 및 외벽부재의 공기전달음 차단성능 현장 측정시 측정 소음원 차이에 따른 차음성능 평가결과를 비교하였다. 측정소음원 및 대상 세대의 주동 위치를 제외하고는 발코니 창호를 비롯한 모든 측정조건은 동일하다. 스피커를 음원으로 한 세대는 단지 중앙에 위치한 조용한 주동에, 도로소음을 음원으로 이용한 세대는 단지주변 6차선 도로와 평행하게 배치되어 있는 주동에 위치하고 있다.

Fig. 6은 음원 종류에 따른 발코니 창호의 차음성능 측정결과로, 각각 거실과 침실면 발코니 창호를 비교하여 나타낸 것이다. 도로소음을 음원으로 사용한 차음성능 결과는 2개 세대에서 측정된 평균값으로 산정한 것이다. 주파수별 차음성능 측정 결과량은 대체로 125 Hz와 2 kHz~4 kHz의 주파수대역에서 스피커를 음원으로 사용한 경우가 최저 2.1 dB에서 최고 7.7 dB 높은 것으로 평가되었으며, 250 Hz~1 kHz의 주

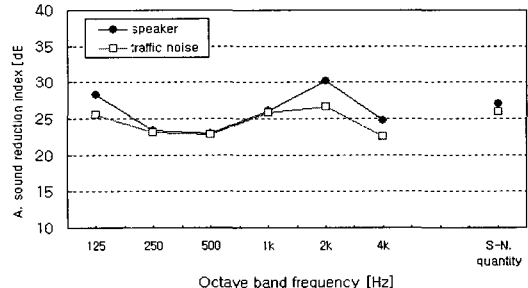


(a) Unit No. 105 - living room balcony window

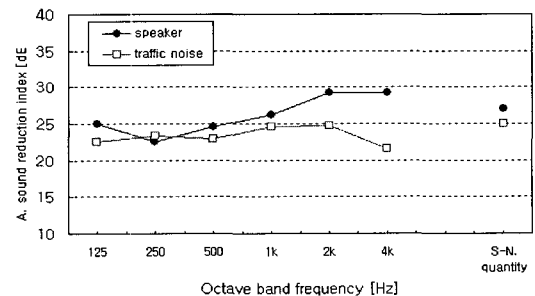


(b) Unit No. 105 - bedroom balcony window

Fig. 5 Sound insulation by measuring method (WT Apt.)



(a) living room balcony window



(b) bedroom balcony window

Fig. 6 Sound insulation by type of sources

파수대역에서는 최고 1.7 dB 이내로 음원의 차이에 따른 차음성능의 변화는 크지 않은 것으로 나타났다.

차음성능 단일수치평가량은 거실에 면한 발코니 창호의 경우  $R_{45, W}=27$  dB,  $R_{tr,s, W}=26$  dB로 평가되었으며, 침실에 면한 발코니 창호의 경우  $R_{45, W}=27$  dB,  $R_{tr,s, W}=25$  dB로 평가되었다. 따라서 스피커를 사용한 단일수치평가량( $R_{45, W}$ )이 실제 도로교통소음을 사용한 경우의 단일수치평가량( $R_{tr,s, W}$ )에 비해 1~2 dB 정도 차음성능이 높게 평가되는 경향을 보였다. 두께 6~10 mm인 4종의 유리를 대상으로 한 R. Foss의 실험<sup>(4)</sup>에서도 스피커를 사용한 경우가 도로소음을 소음원으로 사용한 경우의 차음성능 보다 평균 2.2 dB 높은 것으로 제시된 바 있는데, 이러한 원인은 측정자료로 입사되는 음의 입사각과 입사음의 스펙트럼 특성 차이 때문인 것으로 사료된다.

(2) 사용 음원 수에 따른 차음성능

질량법칙(mass law)에 의한 차음성능 이론에 의하면, 식 (4)와 같이 차음량(R, sound reduction index)은 음의 입사각( $\theta$ )에 영향을 받으며 입사각이  $90^\circ$  (수직입사)인 경우 차음량이 가장 크게 나타난다.<sup>(5)</sup>

$$R = 10 \log \left( 1 + \left( \frac{\pi f M \cos \theta}{\rho_0 c} \right)^2 \right) \quad (4)$$

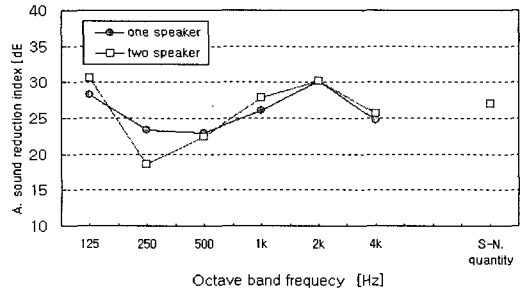
여기서,  $f$ 는 주파수(Hz),  $M$ 은 재료의 면밀도( $\text{kg/m}^2$ ),  $\rho_0$ 는 공기의 밀도( $\approx 1.22 \text{ kg/m}^3$ ),  $c$ 는 음속( $\approx 340 \text{ m/s}$ )이다.

현재 외벽 및 외벽부재의 차음성능 측정에 관한 한국산업규격에서는 스피커를 음원으로 사용하는 경우 입사각도가 그 법선면과  $45^\circ \pm 5^\circ$ 가 되도록 규정하고 있다. 이 연구에서는 한국산업규격에 따라 스피커를 1대 설치하였을 때와 입사각이  $0^\circ$ 가 되도록 건물의 부에 1대를 더 추가하여 총 2대의 스피커를 설치하여 스피커 설치 개수에 따른 발코니 창호의 차음성능 변화를 검토하였다. 이 때 추가 스피커는 한국산업규격에서 규정하는 외벽면에서의 최단수직거리를 고려하여 부재법은 3.5 m, 전체법은 5 m 되는 지점에 각각 설치하였다.

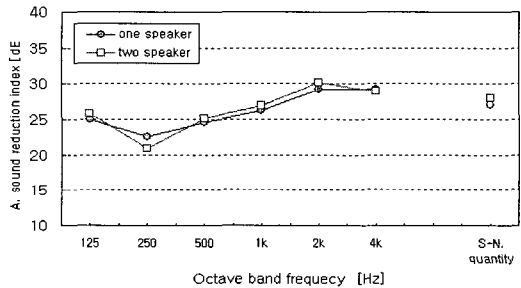
Fig. 7은 거실 및 침실면 발코니창호에 대해 스피커 수에 따른 차음성능 변화를 비교하여 나타낸 것이다. 전반적으로 2대의 스피커를 사용한 경우가 1대의 스피커를 사용한 경우 보다 단일수치평가량이 약간 높은 것으로 평가되었다. 평가량의 차이는 부재법을

적용한 경우 거실 및 침실면 발코니창호에서 각각 0 dB과 1 dB, 전체법을 적용한 경우는 거실 및 침실면 발코니창호 모두 1 dB의 차이인 것으로 파악되었다.

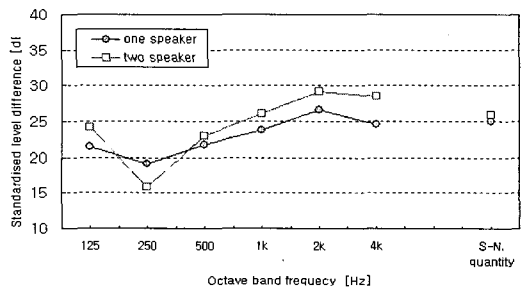
차음성능의 주파수특성은 대체로 부재법과 전체법



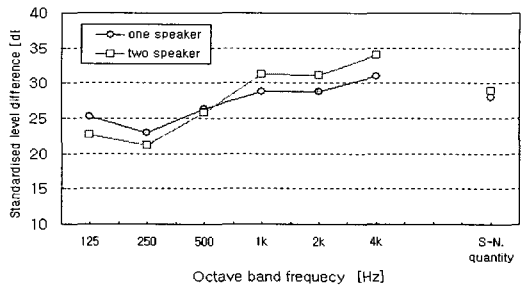
(a) living room balcony window by element method



(b) bedroom balcony window by element method



(c) living room balcony window by global method



(d) bedroom balcony window by global method

Fig. 7 Sound insulation by number of speaker

모두 대부분의 주파수대역에서 스피커 2대를 사용하는 경우가 높은 값을 나타내고 있으나, 250 Hz 주파수 대역에서는 공통적으로 스피커 2대를 사용하는 경우가 오히려 차음성능이 저하되는 양상을 보이고 있었다. 일반적으로 차음성능 저하점(insulation dip)이 되는 저음역 공명주파수는 음이 투과하는 판넬의 두께가 작은 경우 판넬의 가로와 세로의 크기에 의존하게 된다.<sup>(6)</sup> 따라서 이러한 차음성능의 저하는 창호의 크기가 큰 거실 발코니 창호에서 두드러진 점을 고려할 때, 음에너지 입사조건에 따른 공진 영향 때문인 것으로 사료된다.

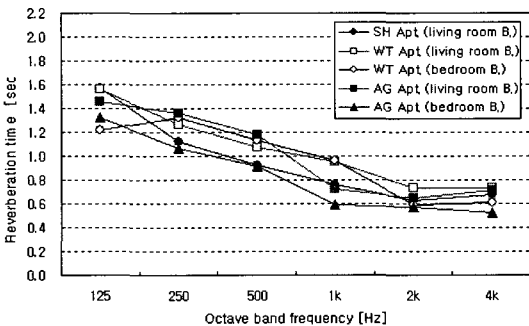
### 3.4 발코니의 흡음조건에 따른 차음성능 비교

#### (1) 음압레벨차와 표준화음압레벨차

발코니의 차음성능을 단순히 실내외 음압레벨차로

**Table 4** Comparison of the single-number quantities between level difference and standardized level difference

Apt.	Number of speaker	Adjacent room to balcony	Unit No.	Single-number quantity(dB)		
				① $D_{2m,W}$	② $D_{2m,nT,W}$	②-①
SH	1	Living room	106	23	25	2
			107	23	26	3
			108	22	24	2
WT	1	Living room	105	21	24	3
		Bedroom	105	26	28	2
	2	Living room	105	22	25	3
		Bedroom	105	26	29	3
AG	1	Living room	103	24	27	3
			105	25	27	2
	1	Bedroom	103	24	26	2
			105	24	25	1
Average				23.6	26.0	2.4



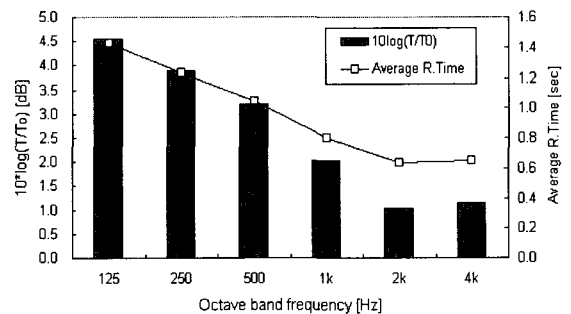
**Fig. 8** Reverberation times of balconies

평가하는 경우와 한국산업규격에 의거 식 (3)과 같이 발코니의 잔향시간을 보정한 표준화음압레벨차로 평가하는 경우에 대하여 차음성능 평가량을 비교하여 나타내면 Table 4와 같다. 표준화음압레벨차 산정시 적용한 발코니공간의 잔향시간 실측치는 Fig. 8과 같이 저주파수대역에서 길고 고주파수로 갈수록 짧아지는 경향을 보이고 있다.

Table 4의 결과에서와 같이 발코니의 잔향시간을 고려하여 평가한 가중표준화음압레벨차( $D_{2m,nT,W}$ )가 내외부 음압레벨차( $D_{2m,W}$ )<sup>(1)</sup>에 비해 1~3 dB(평균 2.4 dB) 큰 것으로 나타났다. 따라서 이 연구에서와 같이 입주직전의 일반적인 공동주택에서 단순 내외부 음압레벨차로부터 산정한 발코니창호의 차음성능은 한국산업규격에 의거하여 평가한 표준화 음압레벨차 보다 다소 낮게 평가되는 것으로 분석되었다.

Fig. 9는 Fig. 8에서 측정된 5개 발코니의 잔향시간 평균치로부터 잔향시간 보정레벨을 주파수별로 산정하여 나타낸 것이다. 실측 잔향시간(T)이 기준잔향시간( $T_0=0.5$ 초)보다 길기 때문에 주파수별로 1.0~4.5 dB 정도가 음압레벨차에 보정되어지는 것으로 파악되었다.

(2) 발코니공간의 흡음재 부착에 의한 차음성능 변화  
공동주택 발코니는 외부와 주거공간을 연결하는 일종의 완충공간으로서, 발코니의 흡음력 증대는 창호를 통하여 발코니로 유입된 잔향음 에너지를 줄이는데 유효하게 이용될 수 있다.<sup>(7)</sup> 이 연구에서는 발코니공간의 흡음재 부착에 의한 차음성능 변화를 검토



**Fig. 9** Correction level for standardized level difference

1) 내외부 음압레벨차는 잔향시간 보정항  $10\log(T/T_0)$ 의 적용 없이 가중표준화음압레벨차 평가방법과 동일하게 적용하여 산정한 결과임.



하기 위하여, AG 아파트 거실 및 침실면 발코니를 대상으로 흡음재 부착 전후의 차음성능을 비교하였다. 흡음재는 계란판 모양의 두께 25 mm인 다공성흡음재로서 약 3 m<sup>2</sup>의 크기를 발코니 천장면에 부착하고 스피커를 음원으로 한 전체법을 적용하여 차음성능을 측정하였다.

Fig. 10은 흡음재 부착 전후의 거실 및 침실면 발코니창호의 차음성능 평가결과를 나타낸 것이다. Fig. 10에서와 같이 흡음재 부착에 따라 거실 및 침실에 면한 발코니 모두 전주파수대역에서 차음성능이 증가하는 것으로 나타났다. 거실 발코니창호에서는 흡음재 설치 전후의 가중표준화음압레벨차( $D_{ls,2m,nT,W}$ )가 각각 27 dB과 30 dB로 나타나 3 dB의 성능차이가 나타났으며, 침실 발코니창호의 경우도 각각 25 dB, 28 dB로 거실의 경우와 마찬가지로 3 dB의 성능향상이 있는 것으로 평가되었다.

따라서 발코니공간의 흡음력 증대는 발코니창호의 차음성능을 높여 궁극적으로 거주공간으로의 소음 유입을 저감시키는 방안의 하나로서 활용 가능성을 확인할 수 있었으며, 발코니공간의 사용용도를 종합적으로 고려한 흡음소재 및 설치공법의 개발이 적극적

으로 검토될 필요가 있다고 사료된다.

#### 4. 결론

공동주택 발코니창호를 대상으로 개정된 한국산업 규격에 의거 현장에서 차음성능을 측정·평가하고, 전체법 및 부재법 적용에 의한 차음성능, 음원조건에 따른 차음성능, 발코니 공간의 흡음조건에 의한 차음성능 등 각종 측정조건이 차음성능 평가량에 미치는 영향을 고찰하였다.

이 연구에서 얻은 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

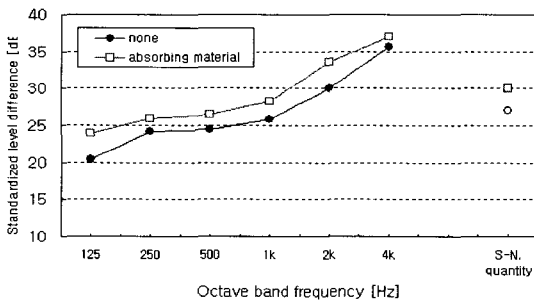
(1) 3개 공동주택 현장에서 발코니창호를 대상으로 차음성능을 평가한 결과 측정법, 측정시 사용음원의 종류 등 다양한 요인들에 따라 다소 차이가 있으나, 차음성능 단일수치평가량(single-number quantity)은 최저 24 dB에서 최고 30 dB까지 분포를 보이고 있으며 18개 대상 창호의 평균치는 약 26.3 dB인 것으로 분석되었다.

(2) 5개 유형의 창호를 대상으로 스피커를 음원으로 사용하여 전체법과 부재법에 의한 차음성능 평가량을 검토한 결과, 거실면 발코니창호는 부재법의 경우가 전체법에 비해 차음성능이 약 3~5 dB 높게 평가되는 것으로 파악되었다.

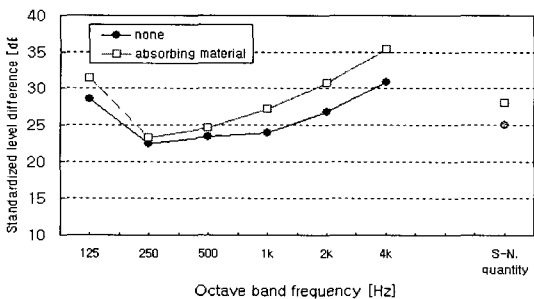
(3) 음원의 종류에 따른 차음성능 평가결과, 스피커가 실제 도로교통소음을 음원으로 사용한 경우에 비해 단일수치평가량이 1~2 dB 정도 높게 평가되는 것으로 나타났다. 이는 음의 입사각도 및 스펙트럼 특성의 차이 때문인 것으로 사료되며 추후 보다 심층적인 분석이 요구된다.

(4) 전체법 적용시 단순 발코니 내외부 음압레벨차에 비해 잔향시간을 보정한 표준화음압레벨차로부터 산정한 차음성능 평가량이 평균 2.4 dB 큰 것으로 나타났다. 아울러 발코니 공간에 흡음재를 부가함에 따라 본 실험조건에서는 약 3 dB의 성능향상이 있는 것으로 파악되었으며, 궁극적으로 이는 외부소음 유입을 저감하는 방안의 하나로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

우리나라 공동주택은 고층인 경우가 대부분이므로 발코니창호를 비롯한 건물외피의 차음성능을 현장에서 측정·평가하는 데는 측정조건 상 많은 제약이 따른다. 따라서 향후 이를 보완할 수 있는 차음성능 현장



(a) living room balcony window



(b) bedroom balcony window

Fig. 10 Sound insulation by using the sound absorbing material on balcony surface

측정방법의 심층적인 검토가 필요하다고 판단된다.

## 후 기

이 논문은 2003년도 서울시립대학교 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

## 참 고 문 헌

- (1) 한국산업규격(KS F 2235), 2001, “외벽 및 외벽 부재의 공기전달음 차단성능 현장 측정방법”.
- (2) 한국산업규격(KS F 2862), 2002, “건물 및 건물 부재의 공기전달음 차단성능 평가방법”.
- (3) ISO 140/5, 1989, “Acoustics - Measurement of Sound Insulation in Buildings and Building Elements -, Part 5 : Field Measurements of Air-

borne Sound Insulation of Facade Elements and Facades”.

(4) R. Foss, 2002, “Loudness and Annoyance, An Example: Laminates”, BETEC Symposium, Washington D.C.

(5) Beranek LL, Vér IL, 1992, Noise and Vibration Control Engineering, New York: Wiley.

(6) Antonio J.B. Tadeu, 2001 “Sound Transmission Through Single, Double and Triple Glazing. Experimental Evaluation”, Applied Acoustics Vol. 62, pp. 307~325.

(7) M. Mehta, 1999, Architectural Acoustics-Principles & Design-, Prentice-Hall Inc.

(8) 송혁 외, 2004, “항공기 소음에 노출된 학교 교실 창호 설계에 관한 연구”, 한국소음진동공학회 논문집, 제 14 권, 제 3 호, pp. 214~223.