

<논 문>

# 현장실험에서 음원의 입사각도에 따른 창의 차음성능 변화

## Variations of the Sound Insulation Performance of the Windows for the Sound Source Angle in the Field Test

김선우\* · 김기용\*\* · 이옥균\*\*\* · 박현구\*\*\* · 송 혁\*\*\*\*

Sun-Woo Kim, Ki-Yong Kim, Ok-Kyun Lee, Hyeon-Ku Park and Hyuk Song

(1999년 7월 19일 접수 : 1999년 10월 29일 심사완료)

**Key Words** : Sound Source(음원), Sound Insulation Performance(차음성능), Field Test(현장실험), Sound Transmission Loss (투과손실)

### ABSTRACT

The aim of this study is to investigate the sound insulation performance of windows according to the sound source angle in the field test. For this purpose, an experiment was performed by KS F 2235(method for field measurements of sound insulation of windows and doors). Based on this code, the sound insulation performance of the windows was measured for different incident angles of the sound and the effect of incident angle was obtained and discussed. Finally, it was found that the sound insulation performance of the windows was affected by the incident angle of sound source, and the sound insulation rating scale was different for the same window. The main factor changing insulation rating scale is considered to be the sound transmission through the crack of the folding part between the two pieces of windows. Therefore, when evaluating the sound insulation performance of the windows for the field test, first of all the place of the sound source should be identified and generalized.

### 1. 서 론

현장에서의 투과손실에 대한 측정은 KS F 2809 「건축물의 현장에 있어서 음압레벨차의 측정방법」을 사용하며 그에 따른 차음성능을 평가한다. 그러나 개구부의 경우는 KS F 2235 「창 및 문의 차음시험 방법」에 따라 투과손실에 따른 차음성능을 평가한다. 이러한 실험방법에서 음원장치의 설치방법

은 중요한 실험 구성요소임에도 불구하고 실제로는 실험자의 주관에 의해 자의로 음원스피커의 설치 위치를 선택, 지정할 수 있도록 단순하게 규정되어 있다. 즉, 음원의 각도를 고려하지 않은 상태에서 정면을 중심으로 하여 -45° 혹은 +45° 중 하나의 측정점을 선택하여 측정하도록 되어 있다. 따라서 이러한 측정방법으로 평가되는 창의 차음특성 및 차음성능에 대한 실험결과는 음원의 지향성 측면으로 볼 때는 제한적인 결과가 될 수밖에 없다.

이에 본 연구에서는 현장 실험시 적절한 음원의 위치선정에 대한 기초적인 자료 도출 및 음원의 방향성을 고려한 객관적인 실험 방법이 될 수 있도록 하였다. 즉 현장에서 음원의 입사각도에 따른 창에 대한 차음특성과 성능평가를 하고, 아울러 현장실험

\* 정회원, 전남대학교 건축학과  
\*\* 정회원, 대한주택공사 호남지사 공사부  
\*\*\* 정회원, 전남대학교 대학원  
\*\*\*\* 정회원, 전남대학교 대학원, (주)금호산업

방법에서 음원의 설치방법을 제고할 수 있는 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

## 2. 창의 현장실험방법 및 실험장치구성

### 2.1 현장실험방법 및 장치

건축물의 바깥돌레 벽에 부착된 창의 차음성능을 표시하는 음향투과손실을 측정하는 방법은 외부음원법과 내부음원법이 있다. 본 연구에서는 Fig. 1과 같이 외부음원법을 사용하였다. 외부 수음점의 위치는 창면으로부터 1000 mm와 10 mm중에서 1000 mm를 이격하여 투과손실에 대한 상당치를 구하였으며, 각 측정점은 Fig. 2와 같다.

### 2.2 현장실험의 음향투과손실 산술

외부 측정점 1000 mm 및 10 mm에 따른 경우는 아래의 각각 식 (1), 식 (2)와 같다.

$$TL_q = \bar{L}_{out,1000} - \bar{L}_{in} \quad (1)$$

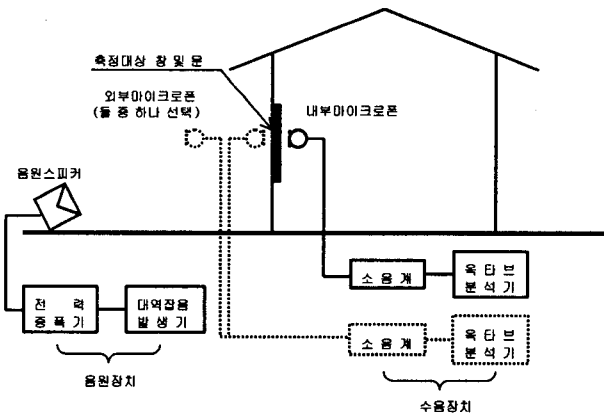


Fig. 1 Composition of measurement devices for outdoor sound source method

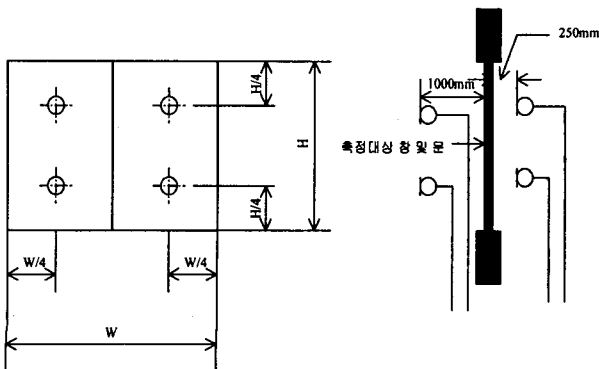


Fig. 2 Outdoor and indoor measuring points

$$TL_q = \bar{L}_{out,10} - \bar{L}_{in} - 3. \quad (2)$$

여기에서

$TL_q$  : 창 및 문의 음향 투과손실 상당치(dB).

$\bar{L}_{in}$  : 내부 측정점에서의 음압레벨 평균치(dB).

$\bar{L}_{out,1000}$ ,  $\bar{L}_{out,10}$  : 외부 측정점에서의 음압레벨 평균치(dB).

이며, 음압레벨 평균치는 소수점 1자리까지 산출하고 반올림하여 구한다. 외부 측정점 및 내부 측정점에서의 음압레벨 평균치 계산은 식 (3)과 같다. 다만 음압레벨의 최대치와 최소치의 차가 5 dB 이하인 경우는 식 (4)와 같다.

$$\bar{L} = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \right) \quad (3)$$

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i \quad (4)$$

여기에서  $\bar{L}$  : 음압레벨의 평균치(dB).

$L_i$  :  $i$  번째 측정점에서의 음압레벨(dB).

$n$  : 측정점의 수.

## 3. 현장실험 및 분석

### 3.1 측정대상 및 창의 제원

현장에서의 차음특성을 파악하기 위하여 조건에 적절한 장소 및 창호를 선택하였다. 측정장소로는 신축중인 건물 중 입주자가 아직 되지 않은 곳으로서 배경소음에 의한 영향과 거주 주민들에 의한 피해가

Table 1 Detail of objective rooms

아파트	위치	평형	실명	실크기 (m)	창크기 (m)	온습도 조건	비고
Y 아파트	나주 용산동	19평 (A형)	거실	2.86×3.5	2.1×2.2	13.2°C, 52%	개방공간 (A)과 폐공간 (B)비교
		15평 (B형)	거실 겸 침실	4.36×3.5	2.1×2.2	"	
J 아파트	순천 조례동	32평 (C형)	침실	4.7×3.84	3.3×1.8	10.8°C, 44%	이중창 구조
S 아파트	광주 쌍촌동	24평 (D형)	거실	3.53×3.53	2.71×2.33	21.5°C, 75%	단창 구조
		24평 (E형)	침실	3.8×3.53	2.38×1.77		이중창 구조

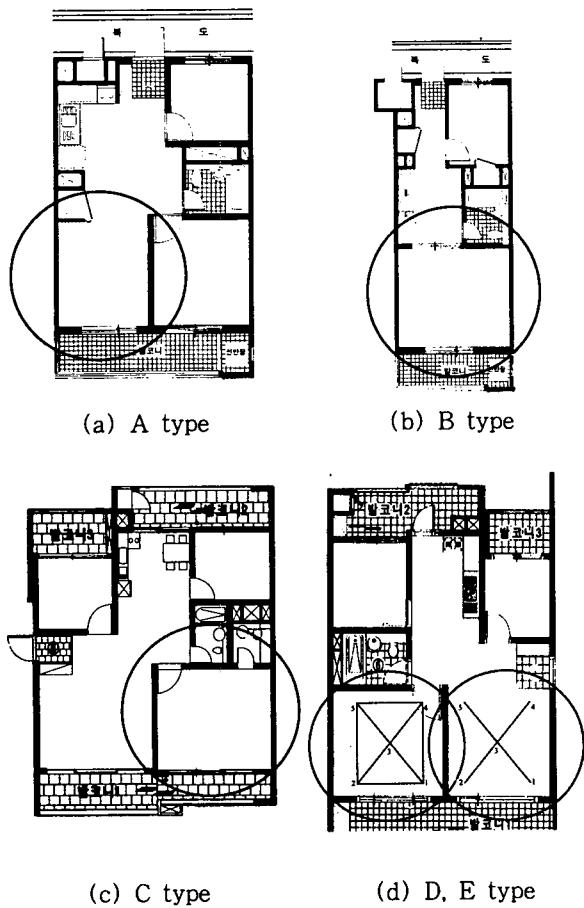


Fig. 3 Measuring points at each type

Table 2 Size and type of objective windows

아파트	위치	분류	위치	크기(m)	틀재질	유리종류 (mm)	비 고
Y 아파트	나주 용산동	A형	단 층	2.1×2.2	PVC 새시	복층유리 (16)	5+6A+5
		B형	단 층	2.1×2.2	PVC 새시	복층유리 (16)	5+6A+5
J 아파트	순천 조례동	C형	실외측	3.3×1.8	알루미늄 새시	보통유리 (3)	내외부간격 40 mm
			실내측	3.3×1.8	목재	무늬유리 (3)	
S 아파트	광주 쌍촌동	D형	단 층	2.7×2.33	PVC 새시	복층유리 (16)	5+6A+5
		E형	실외측	2.38×1.77	PVC 새시	보통유리 (3)	내외부간격 120 mm
			실내측	2.38×1.77		무늬유리 (3)	
		E'형	단 층	2.38×1.77	PVC 새시	보통유리 (3)	E형에서 실내측 창 제거

\* J아파트 침실(C형), S아파트 침실(E형)의 창은 이중창이고 Fig. 5와 같이 창틀이 세 쪽으로 구성됨.

없는 곳을 선정하였다. 측정대상 장소 내에서의 측정은 아파트의 평면(Fig. 3) 구성에 따른 측정을 실시하였으며, 거실 및 침실을 구분하여 측정하였다. Table 1은 측정대상 실의 제원을 나타낸 것이다

측정대상현장에 따라 측정조건, 방크기 및 창의 구조에 따라 차이가 있었다. 또한 아파트 평면형태 등의 차이로 인해 각도별 차음성능을 측정하기 적당한 곳을 선정 후 각도별 차음성능을 측정하였다. Table 2는 측정대상 창호의 규격 및 종류에 관한 사항을 나타낸 것이다.

### 3.2 실험방법 및 실험기기의 구성

실내에 투과되는 음이 지향성을 가질 수 있도록 스피커의 각도를 조절하였으며, A, B형의 아파트에서는 -45°, 0°, +45°로 구분하였으며, C, D형의 아파트에서는 -45°, -15°, 0°, +15°, +45°로 구분하여 실험을 실시하였다. 또한 E형 아파트에서는 각도에 따른 차음성능을 보다 세부적으로 분석하기 위하여 -30°, +30° 각도를 추가하여 실험하였다. 측정대상 창은 아파트의 1층에 있는 창으로서 스피커 바닥높이와 1층 발코니 바닥높이를 동일하게 한 후 창을 향하여 음을 입사시켰다. 측정기기 및 구성은 Fig. 4와 같다.

- (1) Microphones (B & K Type 4134)
- (2) Preamplifiers (B & K Type 2669)
- (3) NEXUS conditioning amplifiers (B & K Types 2690~2693)
- (4) DAT (Sony 8 ch, digital audio tape recorder)
- (5) Symphonie measurement system (01 dB)
- (6) Notebook computer (Samsung)
- (7) Sound source (B & K Type 4224)

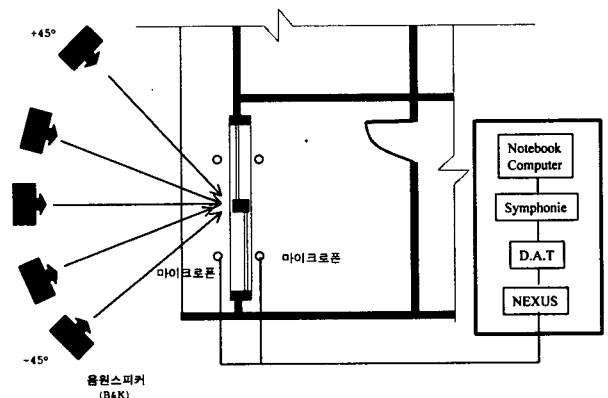


Fig. 4 Speaker angle and measuring devices

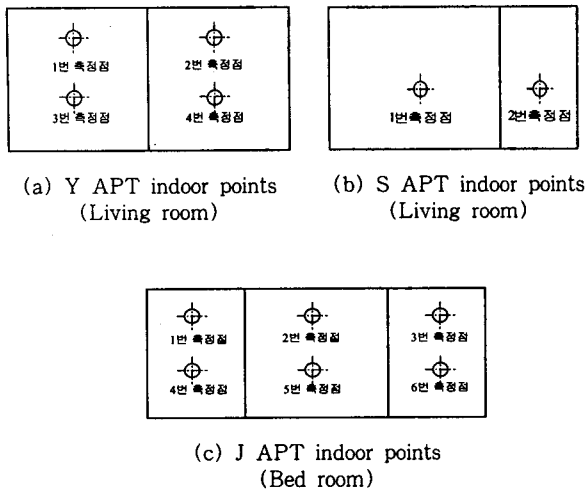


Fig. 5 Indoor measuring points

3.3 대상창의 측정점 위치

현장에서 창에 대한 차음성능 측정은 KS F 2235에 의거하여 창문면적 2 m<sup>2</sup> 이상인 경우 4개의 측정점을 선정하여 측정한다. 따라서 Y아파트의 경우 4개의 측정점에 대한 차음성능을 측정하였다. 그러나, 측정대상현장 중 J아파트의 경우에는 창문이 3쪽으로 구성되어 있어서 Fig. 5와 같이 측정점을 6

개로 선정하여 각 지점에서의 스피커 각도에 따른 창의 차음성능을 측정하였다.

3.4 각도별 투과손실 평균값 비교

아파트의 평면유형별로 측정을 실시한 후 창문의 각 측정점에서 측정한 값을 평균함으로써 음원의 각도에 따른 각 유리창의 평균투과손실값을 구하였다. 음원의 각도에 따른 투과손실 평균값을 주파수별로 비교하면 Fig. 6과 같다.

그림에서 (a)와 (b)는 단창으로서 복층유리를 사용한 경우이고 (c)의 경우는 단층유리를 사용한 이중창 구조이다. (d)의 구조는 단창, 복층유리이며, (e) 및 (f)는 동일 실의 창에 대한 차음특성으로서 (e)는 이중창구조 (f)는 이중창의 실내측 창을 제거한 후의 투과손실을 측정한 결과이다.

(a), (b) 그림과 (d) 그림에서의 투과손실 그래프는 동일한 유리인 16 mm(5+6A+5) 복층유리를 사용한 창문의 투과손실값을 나타낸 것으로서, 같은 구조의 유리를 사용하였음에도 불구하고 그 차음특성은 (a), (b) 구조의 경우 2 kHz 대역에서 투과손실 값이 저하하는 반면 (d) 구조에서는 2 kHz 대역에서 투과손실값이 저하하지 않고 향상되고 있어 매우 다른 특성을 보이고 있다. (a), (b) 구조에서의

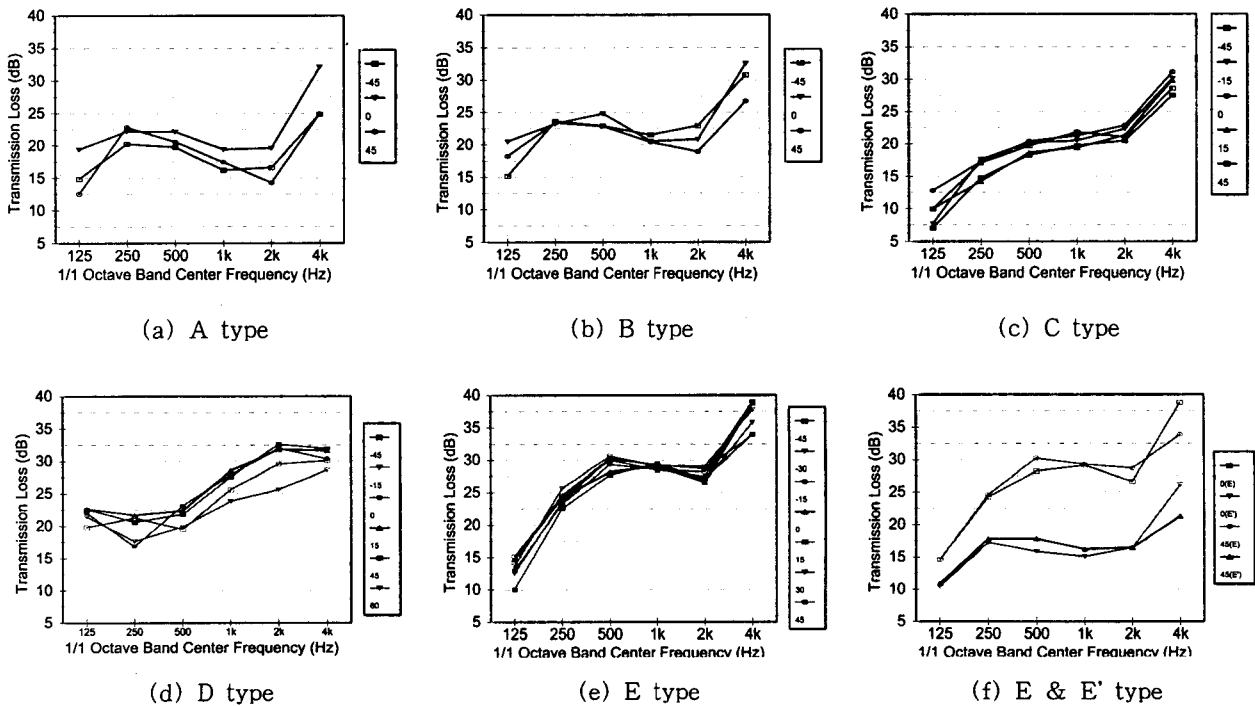


Fig. 6 Comparison of T.L. according to the speaker angle

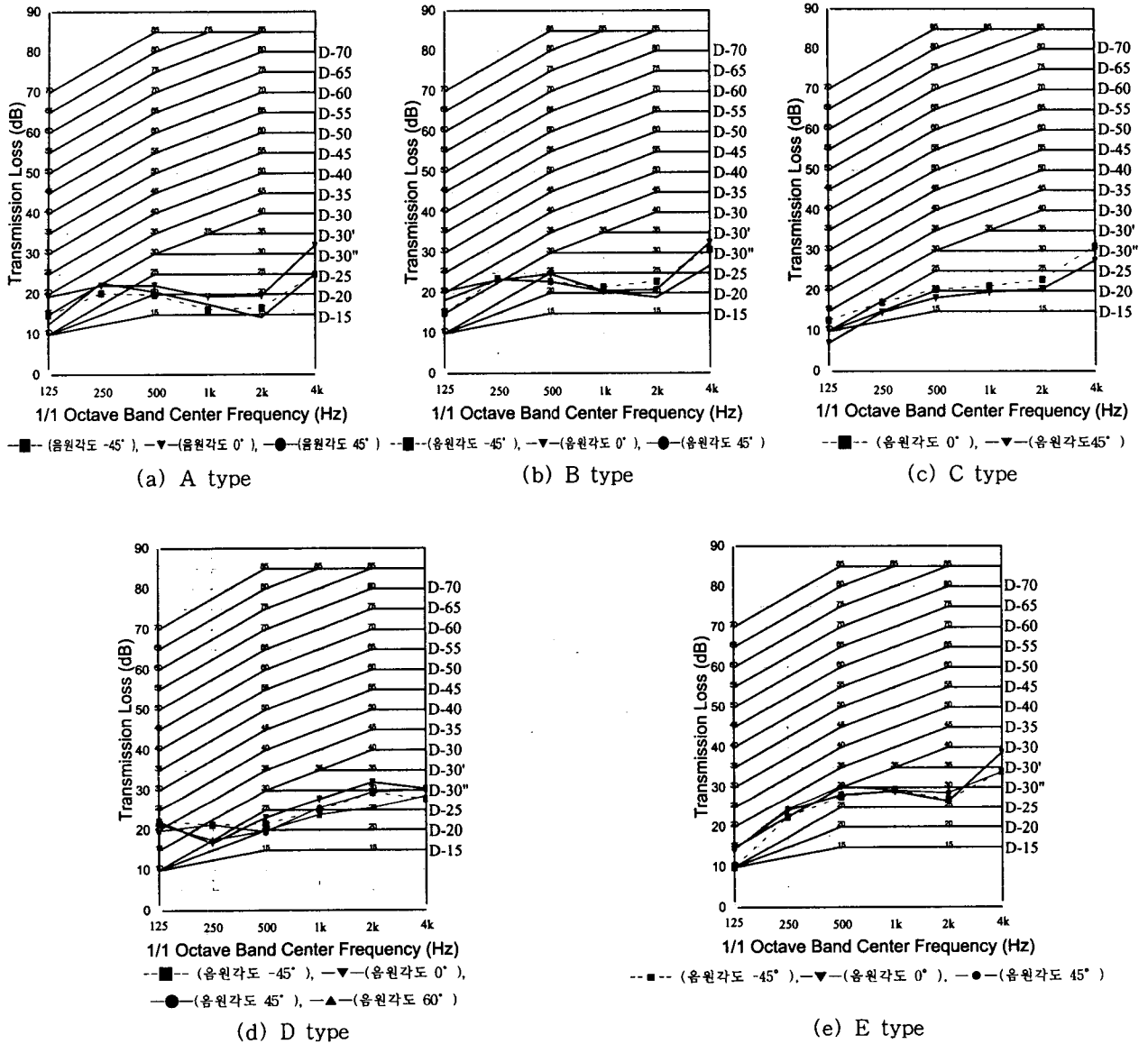


Fig. 7 Comparison of sound insulation grade according to the speaker angle

차음특성은 일반 창호의 차음특성을 보이고 있으나,<sup>2)</sup> (d) 구조의 경우 한 쪽 창문이 크고, 다른 쪽 창문은 작게 되어 있으며, 그 특성을 보면 주파수 증가에 따라 차음성능이 향상되고 있어 (a), (b) 구조의 창에 비해 기밀성능이 우수한 것으로 사료된다.<sup>3)</sup>

(c)와 (e)의 그래프는 이중창 구조로서 양쪽 3

mm 유리를 사용한 창의 차음특성을 나타낸 것이다. 그러나 차음성능 결과는 큰 차이를 보이고 있음을 알 수 있는데, 그 이유는 C Type 아파트의 창은 창틀이 알루미늄 및 목재틀로 구성되어 있어서 E Type 아파트의 양쪽 P.V.C 틀보다 기밀성이 낮기 때문에 차음성능이 상대적으로 매우 낮게 나타난 것으로 사료된다.

각 그래프를 비교해 보면 창 구조가 이중창으로 구성된 (c), (e)의 투과손실 편차가 단창으로 구성

2) 대한주택공사, 1992.12, 외부창호의 차음설계에 관한 연구, p. 63에서의 실험결과 그래프를 보면 보통유리, 복층유리로 된 단창의 차음성능과 일본 건설성 건축연구소의 자료가 비슷한 패턴을 보이고 있으며, 본 연구의 데이터와도 비슷한 경향을 나타내고 있다.

3) 建築技術別冊 1988.12, 住宅の防音と調音のすべて, p.105에서의 그림을 보면 기밀형 창호의 차음특성과 본 실험결과가 비슷한 패턴을 보이고 있다.

된 (a), (b), (d) 그림에서의 편차보다 각 주파수 대역에서 상대적으로 작게 나타나고 있음을 알 수 있다. 그 이유로는 창의 구조가 이중창으로 구성된 경우 창문 틈으로 인한 영향이 창의 겹쳐진 구조로 인하여 단창으로 구성된 경우보다 적게 나타나 음원의 각도에 따른 영향이 상대적으로 적게 나타난 것으로 사료된다. 따라서, 창문의 설치시 외부음원에 따라 창의 구조를 적절하고 효율적으로 선정하여야 할 것이다.

### 3.5 측정지점별 차음성능 평가

Fig. 7은 아파트별 측정결과를 D등급을 사용하여 각 평면 Type별 차음등급을 비교한 것이며,<sup>4)</sup> 같은 평면 내에서 각도변화에 따른 차음등급의 변화를 비교하였다.

위의 그림에서와 같이 음원의 각도별 투과손실값은 전체적으로 0° 와 +45° 일 때 가장 큰 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 그림에서 보면 A형에서 창호의 차음등급은 0° 일 경우 D-20이고 -45°, +45° 일 경우에는 D-15로서 각도에 따라 차음등급에 차이가 있음을 알 수 있다. B형의 경우에는 차음 특성상 스피커 각도별 차이는 보이지만 차음등급은 D-20으로 동일하게 나타나고 있다. 또한 C형에서는 음원각도가 변하였을 경우 차음등급이 D-20(0°)과 D-15(+45°)로 차이를 보이고 있으며, 특히 기밀성이 좋은 것으로 생각되는 D형에서는 음원각도 0° 일 경우만 D-25이고 그 외의 각도에서는 D-20으로 나타나고 있다. 그림을 통해 전체적으로 음원의 각도에 의해 창호의 차음등급이 다르게 평가되는데 그 이유는 경사진 방향에서 입사한 음이 창문 틈으로 투과하였기 때문으로 사료된다.<sup>5)</sup> 그림에서 C형, E형은 창 구조가 이중창으로 되어 있어서 단창으로 구성된 타구조에 비해 각도별 투과손실 편차가 작게 나타났음에도 불구하고 각도별 차음등급에는 차이가 있음을 알 수 있다. 그 이유는 차음등급 평가시 특정 대역에서의 값이 차이가 작더라도 등급상에는 커다란 차이로 작용할 수 있기 때문이다.

따라서, 이러한 사항은 창호의 차음성능 측정에 있어서 중요한 사항으로, 각도가 달라짐에 따라 차

음등급의 차이를 보일 수 있기 때문에 차음성능 시험시에는 음원의 각도에 유의하여야 할 것이며 창호를 통한 차음설계시에는 경사진 방향으로의 소음 유입을 방지하기 위한 대책을 고려함으로써 창의 차음등급을 높이도록 하여야 할 것으로 사료된다.

### 3.6 공간형태에 따른 차음성능

아파트 내부 공간에서 평면의 차이에 따른 차음성능을 비교하기 위하여 평면형 가운데 공간이 트인 공간(개방공간)과 닫힌 공간(폐공간)을 비교하였다. 구체적으로 비교대상이 되는 아파트는 Y아파트의 A형과 B형의 차음성능을 비교하였으며, 더 구체적인 결론을 얻기 위하여 동일 종류 및 크기의 창으로 구성된 S아파트에서의 차음성능을 비교하였다.

Fig. 8은 A형과 B형에서 측정된 각 측정점에서의 투과손실값을 산술평균한 값을 나타내고 있는 것으로서 스피커 각도는 -45°, 0° 및 +45° 의 값을 산술평균한 결과이다.

창의 구조는 앞의 Table 1에서 살펴본 바와 같이 A형, B형 모두 단창으로 구성되었으며 유리는 복층 유리(16 mm: 5+6A+5)로 된 구조이다. 공간형태 별로 비교해 보면 A형은 개방형 공간인 거실이고, B형은 폐쇄형 공간인 침실이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 개방형 공간인 A형에서 측정된 창문의 차음성능이 B형에서 측정된 폐쇄형 공간에서 창문의 차음성능보다 높게 나타나고 있음을 알 수 있다. 각 주파수 대역에서의 투과손실값은 전체적으로 약 3 dB 이하의 차이를 보이고 있는데 이러한 이유는 폐쇄형 평면의 경우 반사음이 개방형 평면보다

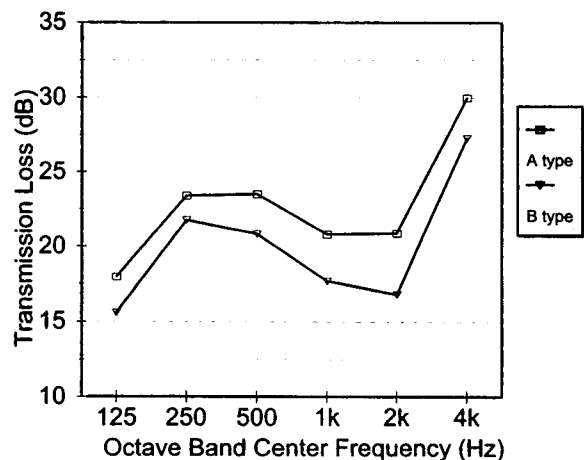


Fig. 8 Comparison of insulation performance between open and closed type(Y APT).

4) 창을 포함한 외벽에서는 틈과 일치효과의 영향으로 고음역의 차음성능이 저하되기 때문에, 일본학회 기준안에서는 외부소음의 주파수특성과 창의 차음성능과의 관계를 검토하여 일본공업규격 곡선을 약간 수정한 D-30이하의 차음등급곡선을 제시하고 있으며, 본 연구에서는 이 등급에 의해 측정결과를 비교, 분석하였다.

5) 장재희 1997, 음향인텐시티에 의한 건물개구부의 차음성능 평가 연구, 연세대학교박사학위논문, p.77

더 많이 존재하여 실내 음압레벨이 높아지기 때문으로 사료된다.

따라서, 개방공간과 폐공간에서의 창문을 통한 차음대책 수립시 반드시 이러한 사항을 고려하여 차음대책을 수립하여야 할 것으로 보이며, 폐공간에 대한 외부창의 차음성능을 한층 더 높여야 할 필요가 있다.

#### 4. 결 론

본 연구는 스피커 각도변화에 따른 창의 차음성능 변화를 파악하고자 KS F 2235 「창 및 문의 차음시험방법」에 준하여 현장실험을 실시하였다. 그러나 위 규정은 현장실험시 음원의 입사각도를 명확하게 규정하고 있지 않기 때문에 대표적인 하나의 현장에 대하여 설치된 창을 기준으로 스피커 각도를  $-45^\circ$ ,  $-30^\circ$ ,  $-15^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $+15^\circ$ ,  $+30^\circ$ ,  $+45^\circ$  및  $60^\circ$ 로 하여 창의 차음성능을 측정하였고, 나머지 현장에 대해서는  $-45^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $+45^\circ$ 로 실험을 실시하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 음원의 각도에 따른 창의 차음성능을 비교한 결과 입사각이 커질수록 낮은 차음성능을 보였다. 그 이유는 외부에서 입사하는 음이 경사입사할 때, 창문틈으로 투과되는 음의 비율이 높기 때문으로 사료된다. 따라서 아파트 평면계획시 경사진 음원에 대해서는 창의 차음성능을 높이는 방안을 고려하여야 할 것이다.

(2) 창문의 구조에 따른 각도별 투과손실값을 비교한 결과, 이중창구조의 투과손실 편차가 단창구조의 투과손실 편차보다 각 주파수 대역에서 상대적으로 작게 나타나고 있음을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 이중창구조가 각도에 따른 영향이 적기 때문에 단창구조에 비해 평면계획이 자유로움을 알 수 있다.

(3) 음원의 각도에 따른 창문의 차음등급을 비교한 결과, 음원의 각도에 의해 창문의 차음등급이 다르게 평가됨을 알 수 있었다. 특히 창 구조가 이중창으로 구성된 경우에는 단창으로 구성된 타구조에 비해 각도별 투과손실 편차가 작게 나타났음에도 불구하고 각도별 차음등급에는 차이가 있음을 알 수 있었다. 따라서 적절한 차음성능 평가를 위한 측정 방법과 평가방법을 마련해야 할 것으로 사료된다.

(4) 공간형태별 창문의 투과손실을 비교한 결과 개방형 공간인 거실에서 측정한 창문의 차음성능이 침실에서 측정한 폐쇄형 공간에서 창문의 차음성능보다 낮게 나타나고 있음을 알 수 있었다. 전체적으

로 약 3 dB 이하의 투과손실값의 차이를 보이고 있는데 이러한 이유는 폐쇄형 평면의 경우 반사음이 개방형 평면보다 더 많이 존재하기 때문으로 사료된다.

본 연구는 현장실험을 통한 창호의 차음성능을 살펴본 것이다. 이와 같은 결과를 바탕으로 현장과 실험실의 특성에 따라 창호 차음성능의 상관 관계에 대한 연구가 진행되어야 한다. 또한 음원의 지향특성을 파악하기 위해 다양한 각도에서의 실험과, 실내의 작은 폐공간에서의 음향특성파악을 위한 더 많은 연구가 진행되어야 할 것이다.

#### 참 고 문 헌

- (1) 박현구, 김선우, 장현충, 송혁, 기노갑, 1999, "유리의 종류 및 두께에 의한 차음특성 변화에 관한 실험적 연구", 한국소음진동공학회 춘계학술대회는 문집, pp. 679~684.
- (2) 김선우, 손철봉, 김재수, 1991, "공동주택 바닥 충격음 음장분포 특성에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 제 7 권, 제 4 호, 대한건축학회, pp. 135~147.
- (3) 김선우, 이태강, 국찬, 문장수, 1995, "조적조 벽체의 차음성능에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 논문집, 제 11 권, 제 8 호, 대한건축학회, pp. 155~167.
- (4) 김기용, 1999, 『현장실험에서 스피커각도 변화에 따른 창문의 차음성능에 관한 실험적 연구』, 전남대학교 산업대학원 석사학위논문.
- (5) 이태강, 1993, 청감실험에 의한 벽체 차음성능 평가에 관한 연구, 전남대학교 박사학위논문.
- (6) 김하근, 손장열, 김홍식, 1995, "외부창의 차음성능 향상을 위한 실험 연구", 대한건축학회논문집, 제 11 권, 제 7 호, 대한건축학회, pp. 171~178.
- (7) 장재희, 이경희, 1997, "음향인텐시티에 의한 플라스틱 창의 차음성능 평가에 관한 연구", 대한건축학회논문집, 제 13 권, 제 10 호, 대한건축학회, pp. 173~180.
- (8) 前川純一著, 박병전역, 1989, 「건축음향」, 기문당.
- (9) 牧田優子, 木村翔, 1993, "音源の指向特性と壁面の吸音率を考慮した音線法シミュレーション視覚化", 日本建築學會計劃系論文報告集, 第 451 号, 日本建築學會, pp. 1~8.
- (10) Michael Rettinger, 1988, "Handbook of Architectural and Noise Control", TAB BOOK Inc.
- (11) Rindel, J. H., 1975, Transmission of Traffic Noise through Windows, The Acoustics Laboratory Technical University of Denmark.