한국소음진동공학회 창립10주년 기념 소음진동학술대회논문집, pp.600~605.

현장에서의 창의 차음성능 측정방법에 관한 실험적 연구

○이 옥 균*, 박 현 구**, 최 형 욱***, 송 혁***, 김 선 우****

An Experimental Study on the Field Measurement Methods of the Sound Insulation Performance of Window

Ok-Kyun Lee, Hyeon-Ku Park, Hyung-Wook Choi, Hyuk Song, Sun-Woo Kim

Abstract

The aim of this study is to compare the sound insulation performances of window depending on the measurement methods through the field test and analyze the factors that affect the sound insulation performances. Four measurement methods which are specified in the Koran Standard 2235 and the International Standard 140-5 were selected for the study; the outdoor sound source method which is classified the 1000mm method and the 10mm method, the indoor sound source method, and the ISO method. The result of this study is that the sound insulation performance of the windows was the best when measured according to the ISO method and the worst the indoor sound source method. Through the study it was found that the main factors affecting the sound insulation performance of the windows were the correction of the specimen's area and the equivalent sound absorption area of the receiving room.

1. 서 론

주택에서 창문은 일반적으로 채광, 조망 및 신선한 공기를 제공하는 기능을 수행한다. 그렇지만 음향학적으로 보면 창문은 외부소음에 대해 가장 취약한 부분이라고 할 수 있다. 따라서 외부소음에 대한 차음대책을 수립할 때 가장 중요하게 고려하는 부분이 바로 창의 차음성능이다. 우리 나라의 경우 창의 차음성능을 측정하는 방법은 KS F 2235「창 및 문의 차음 시험 방법」에서 규정하고 있다. 그러나 KS에서 규정하는 측정방법은 국제규격인 ISO 140-5 「Field measurements of airborne sound insulation of facade elements and facades」에서 규정하는 측정방법과 차이를 보이고 있으며 각각의 측정방법에 따른 창의 차음성능 평가등급이 다르게 나타날 수 있다. 현재의 KS규정이 점차 국제화 추세에 맞추어 ISO 규격을 따라가는 현실을 감안할 때 국내에서 사용되고 있는 창의 차음성능 측정방법과 ISO에서 규정하는 방법 사이에서의 차이점과 이에 따른 평가방법을 비교, 검토할 필요성이 대두된다. 이에 본 연구에서는 각각의 측정방법에 따른 현장에서의 창의 차음성능 실험을 통하여 차음성능의 차이를 검토해 보고 이 차이에 영향을 미치는 요인들을 분석함으로서 보다 적절한 측정방법을 모색해 보고자 한다.

* 정회원, 전남대 석사과정
** 정회원, 전남대 박사과정
*** 정회원, 전남대 박사수료
**** 정회원, 전남대 건축학과 교수, 공학박사

2. 현장에서의 창의 차음성능 측정방법

2.1 KS 2235에 의한 측정방법

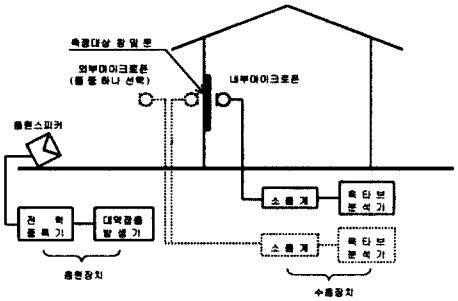
KS 2235『창 및 문의 차음 시험 방법』은 음원의 위치에 따라 외부 음원법과 내부 음원법으로 나누어지며, 외부 음원법은 다시 외부 측정점의 위치에 따라 측정대상 창 및 문에서 1000mm 떨어진 곳에 마이크로폰을 설치하는 방법(이하 1m법)과 10mm 이내의 위치에 마이크로폰을 설치하는 방법(이하 1cm법) 두 가지로 나누어진다. 외부음원법과 내부음원법의 측정기기 구성도 및 외부음원법의 측정점 위치는 Fig 1, 2와 같다.

1m법과 1cm법, 그리고 내부음원법에 의한 측정시 음향투과손실은 각각 아래의 [식 1]~[식 3]에 의해서 산출한다.

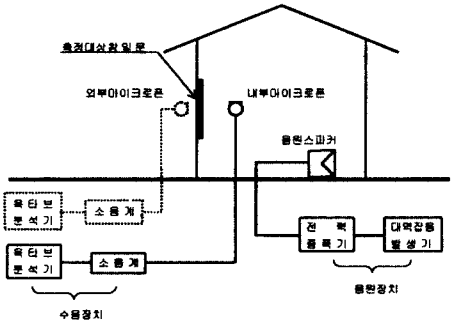
$$TL_q = \overline{L}_{out,1000} - \overline{L}_{in} \qquad [식\ 1]$$

$$TL_q = \overline{L}_{out,10} - \overline{L}_{in} - 3 \qquad [식\ 2]$$

$$TL_q = \overline{L}_{in} - \overline{L}_{out} - 3 \qquad [식\ 3]$$

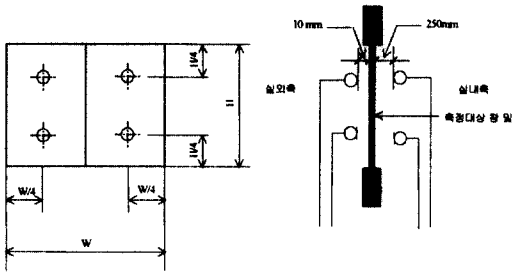


(a) The outdoor sound source method

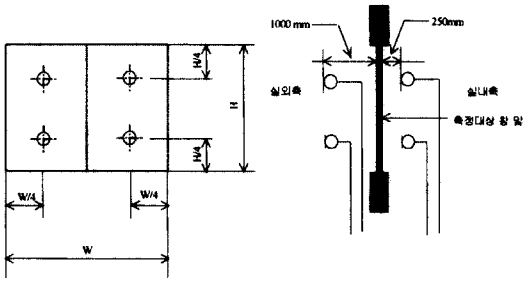


(b) The indoor sound source method

Fig 1. The outdoor and the indoor sound source method



(a) The measuring points at outdoor 10mm



(b) The measuring points at outdoor 1000mm

Fig 2. The measuring points of the outdoor sound source method

여기에서,

TL_q : 창 및 문의 음향 투과손실 상당치(dB)

$\overline{L}_{out,1000}$, $\overline{L}_{out,10}$: 외부측정점에서 음압레벨평균치(dB)

$\overline{L}_{in}$: 내부측정점에서의 음압레벨 평균치(dB)

이며, 음압레벨 평균치는 소수점 1자리까지 산출하고 반올림하여 구한다. 외부 측정점 및 내부 측정점에서의 음압레벨 평균치 계산은 [식 4]와 같다. 다만 음압레벨의 최대치와 최소치의 차가 5dB 이하인 경우는 [식 5]를 사용할 수 있다.

$$\overline{L} = 10\log_{10}\left\{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} 10^{Li/10}\right\} \qquad [식\ 4]$$

$$\overline{L} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} L_i \qquad [식\ 5]$$

여기에서,

$\overline{L}$: 음압레벨의 평균치(dB)

L_i : i 번째 측정점에서의 음압레벨(dB)

n : 측정점의 개수

2.2 ISO 140-5에 의한 측정방법

ISO 140-5에서 규정하고 있는 현장에서의 창의

차음성능 측정방법에는 크게 Element method와 Global method가 있다. Element method는 건물의 전면부에서 구성요소의 한 요소에 대한 투과 손실을 측정하기 위한 방법이고, Global method는 실제 소음환경에서 건물 전면부 전체에 대한 음압레벨차를 보기 위한 측정방법이다. Element method 중에서 스피커를 음원으로 사용하는 방법(Element loudspeaker method)은 가장 정밀한 방법으로서 실험실 측정시의 결과와 비교가 가능한 방법이다. 스피커를 사용할 수 없을 경우 충분한 교통소음이 있을 때 이 교통 소음원들을 음원으로 사용하는 방법이 있지만 Element loudspeaker method에 비해 정밀하지 않다.

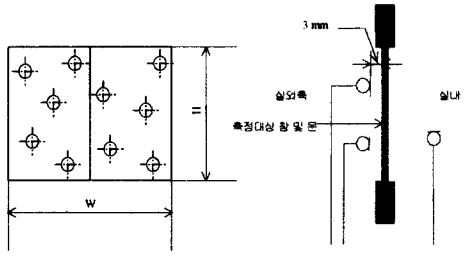


Fig 3. The measuring points of the ISO method

외부마이크로폰의 설치방법에 따라서는 마이크로폰 축을 시편의 평면과 평행으로 하면서 마이크로폰의 중심에서 10mm이하의 간격을 유지하도록 하는 방법과 마이크로폰을 시편쪽에 수직으로 향하도록 하면서 3mm이하의 간격을 유지하도록 하는 두 가지 방법이 있다.

음원의 방향이 시편 중앙에서의 법선 방향에 45도의 각도를 유지하며 측정한 창호의 투과손실값을 구하는 식은 다음과 같다.

$$R'_{45} = L_{1,s} - L_2 + 10\log(\frac{S}{A}) - 1.5 \ (dB) \qquad [식6]$$

여기에서,

$L_{1,s}$: 시편의 표면에서의 평균음압레벨(dB)

L_2 : 수음실에서의 평균음압레벨(dB)

S : 시편의 면적(㎡)

A : 수음실에서의 흡음력(㎡)

2.3 측정방법의 비교 및 선정

KS법과 ISO법의 투과손실 산출식을 비교해 볼 때, ISO법은 시료의 면적, 수음실의 흡음력, 체적 등이 고려되어 있는 반면 KS법에서는 고려하지 않고 있다. 따라서 두 방법은 동일한 창에 대해서 실의 흡음력에 따라 차음성능이 다르게 평가될 수 있다.

또 측정점의 개수와 위치를 비교해 보면, KS에서는 Fig 2와 같이 4개의 측정점을 두 개의 창짝에 대칭으로 위치시킨다. 반면 ISO에서는 Fig 3과 같이 각 지점에서의 음압레벨 차이에 따라 3~10개 지점까지 측정하도록 되어 있으며, 창이 배란다와 같은 구조물에 의해 뒤로 물러나 있을 경우 최소 10개 이상의 측정점을 선택하도록 되어 있다. 그리고 측정점의 위치도 대칭을 피해 고르게 분포되도록 규정하고 있다. 따라서 KS법의 경우 창이 3짝 이상으로 되어 있거나 창 주위에 발코니 등의 반사면이 있을 경우 4개의 측정점만으로 창 전체의 투과손실을 계산하는 것은 무리가 있을 수 있다. 또 고정창과 미서기창이 조합되어 각 측정점에서의 투과손실 값의 편차가 심할 경우에도 창 전체의 투과손실값을 산출하는 데는 무리가 있다.

Table 1. Comparison of the measurement method between KS 2235 and ISO 140-5

실험대상 측정방법		스피커 위치	외부 마이크로폰	내부 마이크로폰	창문의 측정점	투과손실 산출식
KS 2235	외부음원법 1000mm	창중심에서 외부5m 45도 방향	창에서 1m지점 스피커방향	창에서 250mm 창문방향	4개소(A동) 6개소(B동)	$TL_q=L_{out,1000}-L_{in}$
	외부음원법 10mm	창중심에서 외부5m 45도 방향	창에서 1cm지점 창문방향	창에서 250mm 창문방향	4개소(A동) 6개소(B동)	$TL_q=L_{out,1000}-L_{in}-3$
	내부음원법	실내부 모서리 창문반대방향	창에서 250mm지점 창문방향	실내 5개지점 상향	4개소(A동) 6개소(B동)	$TL_q=L_{in}-L_{out}-3$
ISO 140-5		창중심에서 외부5m 45도 방향	창에서 3mm지점 창문방향	실내 5개지점 상향	10개소	$R'_{45}=L_{1,s}-L_2+10\lg(S/A)-1.5$

본 실험에서는 KS 2235에서 제시한 외부 음원법(1m법, 1cm법)과 내부음원법 모두를 측정대상방법으로 선정하였으며, ISO법에서는 Element method 중에서 실험실 실험 결과와의 비교시에 가장 정밀한 결과를 얻을 수 있는 Element loud-speaker method를 비교대상방법으로 선정하였다. 마이크로폰의 설치방법은 KS에서의 외부 마이크로폰의 축 방향이 시편과 수직이므로 KS와의 비교하는 측면에서 시편에 수직으로 3mm를 이격시킨 방법을 선정하였다. 실험에 적용한 KS와 ISO 측정방법을 비교하면 Table 1과 같다.

3. 실험대상구조 및 실험방법

3.1 실 및 창의 제원

측정장소로는 공사가 완공된 아파트 중에서 입주가 아직 되지 않은 곳으로서 배경소음에 의한 영향이 적은 두 동의 침실을 선정하였으며 그 제원은 Table 2와 같다.

Table 2. Details of objective rooms

측정대상	실크기(㎜)	창크기(㎜)	창의구조	유리두께
A Type (19평)	2860×3500	2100×1800	이중창 (PVC)	3mm
B Type (33평)	4800×3600	2700×1800	이중창 (PVC)	3mm

3.2 실험방법 및 실험기기의 구성

음원의 설치위치는 KS 외부음원법과 ISO법에 의한 측정시 동일하게 +45도 방향으로 선정하였으며, 내부음원법일 경우는 실내에서의 음압레벨분포가 균일하게 될 수 있도록 창 반대측의 모서리를 향하도록 설치하였다. 측정에 사용된 기기는 아래와 같으며 측정방법에 대한 개요도는 Fig 4와 같다.

Symphonie Measurement System (01dB)
Microphones (B&K Type 4134)
Sound Sources (B&K Type 4224, HP-1001)
8ch Multiflexer (B&K Type 2811)
Notebook Computer (Samsung)
Tripods

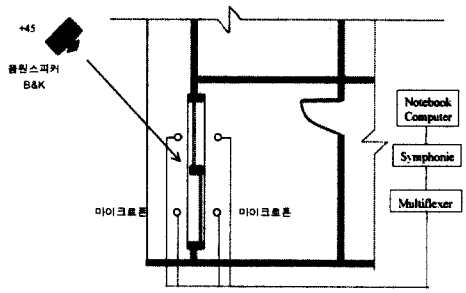
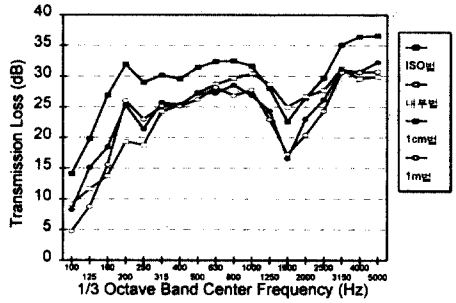


Fig 4. The incidence angle and composition of measuring instruments

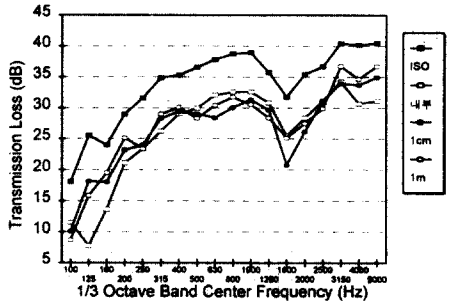
4. 측정결과 및 분석

4.1 측정방법에 따른 투과손실

측정방법에 따른 투과손실값을 주파수별로 나타내면 Fig 5와 같으며 평균값은 Table 3과 같다. 그래프에서 알 수 있듯이 ISO법에 의한 투과손실값이 가장 높게 나타나며 내부음원법에 의한 투과손실값이 가장 낮게 나타남을 알 수 있다.



(a) A Type



(b) B Type

Fig 5. Comparison of transmission loss depending on measurement methods

Table 3. The average of transmission loss depending on measurement methods

측정장소	투과손실 산술평균값 (dB)			
	1m법	1cm법	내부음원법	ISO법
A Type	23.5	24.1	22.7	30.1
B Type	26.1	25.5	20.0	33.0

KS법 중에서 외부음원법인 1m법과 1cm법을 비교해 보면 A, B Type에서 그 차이가 ±0.6dB로서 거의 비슷하게 나타나고 있다. 그러나 내부 음원법의 경우 외부 음원법에 비해 A Type에서는 평균 1.1dB B Type에서는 평균 5.8dB정도 낮게 나옴을 알 수 있으며, 등급산정시 크게 영향을 미치는 공진주파수(1.6kHz) 영역에서는 내부음원법이 오히려 높은 투과손실값을 보이고 있다. 따라서 KS법에서는 같은 구조의 창이라 할지라도 측정방법에 따라 그 등급이 다르게 나타날 수 있음을 알 수 있다.

ISO법은 KS의 외부음원법과 비교할 때 평균 6.8dB 정도 높게 나타나며 내부음원법과 비교할 때 평균 10.2dB 정도 높게 나타났다.

4.2 투과손실 차이의 원인분석

1) 측정방법에 따른 외부 음압레벨의 비교

각 측정방법에 따라 투과손실 값이 차이가 나는 원인을 알아보기 위해 먼저 외부에 스피커가 설치된 KS법의 1m법과 1cm법, 그리고 ISO법에 따른 실의 내·외부 음압레벨의 평균값(dB)을 비교해 보았으며 그 결과는 Table 4와 같다.

시편으로부터 10mm를 이격시킨 KS의 1cm법과 3mm를 이격시킨 ISO법은 외부 음압레벨이 거의 같게 나타났으며, 1m법과 1cm법을 비교했을 때 A Type에서는 1cm법이 1m법보다 4.3dB정도, B Type에서는 2.2dB정도 높게 나타났다. 1cm법의 투과손실 산출식에서는 1m법에 비해 -3dB을 보정

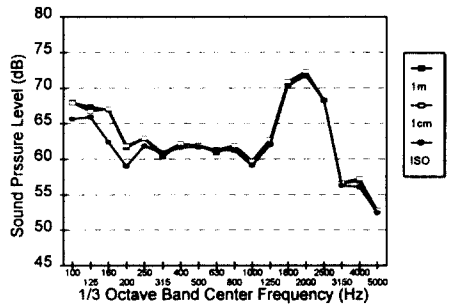
Table 4. The average of outdoor and indoor sound source method

측정장소	외부음압레벨평균(dB)			내부음압레벨평균(dB)		
	1m법	1cm법	ISO법	1m법	1cm법	ISO법
A Type	100.3	104.6	104.6	78.2	78.4	77.4
B Type	97.2	99.4	100.0	70.9	70.9	69.4

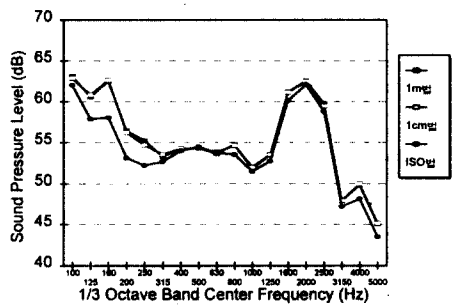
하도록 되어있으나 현장의 조건에 따라서 그 보정값은 차이가 날 수 있음을 보여준다. 따라서 조건이 다른 현장에서 1m법에 의해 계산된 투과손실값과 1cm법에 의해 계산된 투과손실값을 절대비교하기에는 다소 무리가 있을 것으로 사료된다.

2) 측정방법에 따른 내부 음압레벨의 비교

KS의 1cm법과 ISO법을 사용한 실내 음압레벨을 비교해 본 결과는 Fig 6과 같다.



(a) A Type



(b) B Type

Fig 6. Comparison of Indoor SPL depending on measurement method

Table 4와 Fig 6에서와 같이 ISO법은 외부음원법에 비해 저주파수 대역에서 내부음압레벨 값이 약간 작아지지만 그 차이가 평균 1dB 내외로서 전체 평균값에는 크게 영향을 미치지 않았다. 이와같이 주택의 경우 마이크로폰을 창가에 수직적으로 분포시키든 수평적으로 분포시키든 내부 음압레벨의 평균에는 크게 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. 따라서 Fig 5에서 보는 투과손실값의 차이는 산출식에서 실의 흡음력과 시편의 면적보정에 의

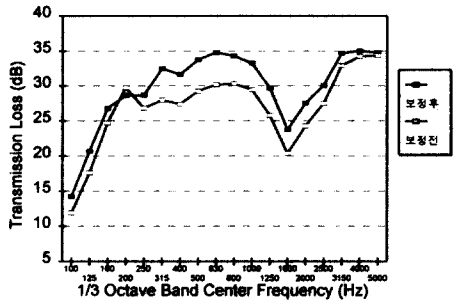
한 것임을 알 수 있다.

3) 흡음력 보정의 유무에 따른 분석

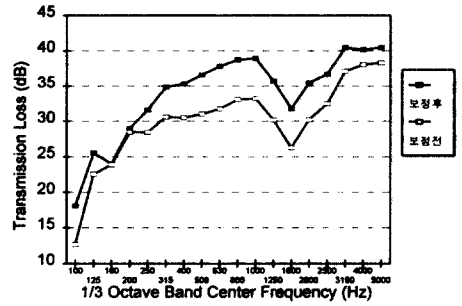
ISO법에서 투과손실값을 산출하는 식을 보면 다음과 같다.

$$R'_{45^\circ} = L_{1,s} - L_2 + 10\log(\frac{S}{A}) - 1.5 \ (dB)$$

이 식에서 10log(S/A)는 시편의 면적과 수음실의 흡음력을 보정한 부분으로 ISO법에서 시편의 면적과 실의 흡음력 보정 유무에 따른 투과손실값의 차이를 살펴보면 Fig 7과 같다. 보정을 할 경우 A Type의 경우 평균 2.6dB, 실의 체적이 더 큰 B Type의 경우 4.0dB 투과손실값이 증가하고 있으며, 특히 중, 저주파수 대역에서는 5dB 이상의 큰 차이를 보이고 있다. 이는 KS의 보정값 -3과 ISO의 보정값 -1.5를 고려할 때, 실제 투과손실 값에는 더 큰 차이가 생기게 된다. 그러므로 시편의 면적과 흡음력 보정이 되어 있지 않은 KS의 경우 같은 창의 구조라 할지라도 현장 조건에 따라 창의 차음성능이 다르게 나올 수 있음을 알 수 있다.



(a) A Type



(b) B Type

Fig 7. Comparison of TL depending on correction of the specimen's area and equivalent sound absorption area of the receiving room

5. 결 론

본 연구는 KS 2235와 ISO 140-5에서 규정하는 차음성능 측정방법에 의해 현장에서의 실험을 통하여 그 차이점을 분석하고자 하였으며, 본 연구를 통한 주요 결론은 다음과 같다.

1) KS 2235의 외부음원법과 내부음원법, ISO 140-5에 의해 창의 차음성능을 측정한 결과, ISO법에 의한 창의 차음성능이 가장 높게 나타났으며 KS의 내부음원법에 의한 창의 차음성능이 가장 낮게 나타나 각각의 측정방법에 따라서 창의 차음등급이 달라질 수 있음을 알 수 있었다. 따라서 KS 측정방법에 대한 표준이 마련되어야 할 것으로 사료된다.

2) KS의 외부음원법의 경우 1m법과 1cm법은 차음성능이 비슷하게 나타났지만, 내부음원법의 경우 dB값이 외부음원법에 비해 낮게 나타났으며 주파수별 특성도 외부음원법과 달라 차음등급이 다르게 나타날 수 있음을 알 수 있었다. 따라서 외부음원법과 내부음원법의 직접적인 비교는 어려울 것으로 사료된다.

3) 각각의 측정방법에 따른 창의 차음성능의 차이의 주요원인은 시편 면적과 실의 흡음력 보정의 유무에 따른 결과로 나타났으며, KS법의 경우에는 이러한 보정을 고려하지 않았기 때문에 같은 구조의 창이라 할지라도 현장조건에 따라 창의 차음성능이 다르게 나타날 수 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 김선우, 김기용, 이옥균, 박현구, 송혁(1999), 현장실험에서 음원의 입사각도에 따른 창의 차음성능 변화, 한국소음진동공학회지 제9권 제6호
2. KS F 2235, 창 및 문의 차음 시험 방법
3. ISO 140-5, Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of facade elements and facades.