

공동주택에서 음원특성에 따른 외부창호 차음성능 변화

○박 현 구*, 이 옥 균**, 한 동 화**, 송 혁***, 김 선 우****

Variation of the Sound Insulation Performance of Window in the Apartment House depending on the Sound Source Characteristics

Hyeon-Ku Park, Ok-Kyun Lee, Dong-Hwa Han, Hyuk Song, Sun-Woo Kim

Abstract

The aim of this study is to analyze the sound insulation performance of windows depending on the sound source types and to propose the noise control method in the apartment house. The regions where apartment houses are constructed are varied in the dominant noise sources such as aircraft noise, railway noise and road traffic noise. For the experiment, nine noise sources including pink noise were selected and recorded, which was used in the experiment by reproducing. As a result of this study, the sound insulation performance of window was found that when the frequency contents of the noise were high level in all frequency bands the difference of sound insulation performance was negligible, but when the frequency contents were low level at particular frequency band the difference of sound insulation performance was shown very differently.

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

소음제어를 행하는 주된 목적은 소음을 적정수준까지 감소시킴으로써 최소한의 비용으로 최적의 효과를 찾는 것이다.¹⁾

ISO 717-1에 의거 차음성능을 평가하는 방법은 음원의 종류에 따라 다르게 고려되어진다. 그 내용을 살펴보면 외부소음의 종류를 두 가지 특성으로 구분하여 각 음원의 특성에 대하여 차음성능을 적용하게 될 때 스펙트럼 환산값(Spectrum adaptation term)을 사용하여 각기 다른 차음성능값을 산출하게 된다. 창을 설치하는 목적은 외부 소음에 대한 내부로의 투과를 막기 위한 것으로서 소음원

의 특성을 고려하지 않은 채 창을 통한 외부소음 대책을 수립한다는 것은 자칫 과다설계로 인하여 비용이 추가될 우려가 있다.

공동주택 주변에 존재하는 소음은 아파트가 위치하는 지역적 특성에 따라 주요대상 소음이 다르고 그에 따라 주파수 특성이 다양하게 된다. 또한, 아파트의 배치형식에 따라 소음이 유입하는 방법의 차이가 있기 때문에 차음대책 수립을 위해서는 외부소음원의 주파수특성에 따라 적절히 대책을 수립하여야 할 것이다.

창의 일반적인 차음특성은 면밀도가 높아짐에 따라 차음성능이 높아지고, 특정 주파수대역에서의 차음성능은 일치효과로 인해 매우 낮아지게 되며 그 때의 투과손실값은 구조가 달라지더라도 거의 비슷하여 실제로 차음대책을 수립하는데 있어서 일치주파수 대역에서 문제가 되는 경우에는 구조

* 정회원, 전남대 박사과정
** 정회원, 전남대 석사과정
*** 정회원, 전남대 박사수료, (주)금호산업 선임연구원
**** 정회원, 전남대 건축학과 교수, 공학박사

1) Chapman and Hall, Noise Control in Industry(Third edition), Sound Research Laboratories Ltd, p.147

별 차이가 없는 동일한 차음성능을 갖는 것으로 생각될 것이다.

이러한 가정에 대하여 공동주택 주변에 존재하는 주파수별 특성이 서로 다른 몇 개의 음원을 사용하여 차음성능의 변화를 살펴봄으로써 같은 창이라 할지라도 음원특성에 따른 차음성능 변화의 정량적인 파악이 가능할 것으로 사료된다.

이상과 같이 본 연구는 공동주택에 존재하는 실제 음원에 대한 창호의 차음성능과 Pink noise로 측정된 창호의 차음성능을 비교, 분석함으로써 공동주택에서 음원특성에 따라 외부창호를 통한 효과적인 차음대책을 수립하고자 한다.

1.2 연구의 진행방법

본 연구는 음원의 종류에 따른 특성차이로 인하여 발생할 수 있는 창호의 차음성능 변화를 분석하기 위하여 우선, 공동주택 주변에 존재하는 음원의 종류에 대하여 분류하고 종류별 특성을 고려하여 실험에 사용가능한 음원을 편집하였다. 다음으로, 실험가능한 현장을 섭외하여 실험계획을 수립한 후 녹음, 편집한 음원을 사용하여 실제 공동주택에 창을 통해 입사가정하여 음원의 크기를 조정하였다.

각 현장에서 측정된 결과에 대하여 여러 가지 평가방법을 통해 음원의 종류별 주파수 특성에 따른 차음성능의 변화를 비교 및 분석함으로써 결론에 도달하고자 하였다.

2. 현장에서 창의 차음성능 평가방법

현장에서 부재의 차음성능을 평가하는 방법으로는 단일지수로서 ISO에서 사용되는 R_w (Weighted sound reduction index, spectrum adaptation term

을 사용하여 보정을 한 값)와 dB(A)값을 비롯하여 접선법인 D, 허용편차법인 STC, Ts 의 다수의 방법이 있다. 앞에서 언급한 평가방법들은 모두 차음성능을 단일값으로 나타내기 위한 방법들이다.

Table 1은 차음성능 평가방법에 따른 특성을 비교한 것이다. 각 방법들은 곡선이 다르게 규정되어 있으며, 허용편차 범위가 다르게 구성되어 있다. 특히, STC 방법은 편차평균과 특정 주파수대역에서 발생할 수 있는 낮은 투과손실값까지 고려를 함으로써 주파수 특성에 따른 차이를 다소 고려하고 있음을 알 수 있다.

이에 본 연구에서는 접선법으로서 KS와 JIS에서 사용되는 D등급과 허용편차법으로서 ISO에 사용되는 STC 방법을 사용하여 비교하였으며, 전대역 값으로서는 보정을 하지 않은 dB값과 A보정을 한 dB(A)값을 사용하여 현장에서 측정된 차음성능 결과에 대하여 상호 비교하였다.

3. 공동주택 주변의 외부소음 및 특성

3.1 외부소음의 분류 및 녹음

우리나라에서 아파트는 도시내 및 외곽에 광범위하게 건설되어지고 있다. 아파트가 건설되어지는 지역을 살펴보면 가장 영향을 미치는 소음원을 대상으로 볼 때, 항공기소음이 주된 소음원이 되는 공항주변지역, 교통소음이 주가 되는 도로변, 혹은 고속도로변 및 기차소음이 주가 되는 철로변 지역 등으로 분류해 볼 수 있다. 본 연구에서는 이들 여러 종류의 주파수 특성을 가진 음원에 대하여 어떠한 차음성능의 변화를 가지는가에 대하여 살펴보기 위하여 각 종류별 음원을 분류하였으며, 분류된 음원을 녹음하여 현장실험에 사용하였다.

Table 1. Comparison of insulation performance rating methods

평가방법	단일지수		접선법	허용편차법	
	R_w	dB(A)	D	STC	Ts
보정유무	Lin	A	Lin	Lin	Lin
주파수 범위	100-3150	-	125-4000	125-5000	125-5000
편차 허용한계	없음	없음	2dB	하나의 주파수 대역에서 최대 8dB이내, 전주파수 대역에서 평균 2dB이하	등급곡선 미달 측정값의 합계 3dB 이내
옥타브 대역	1/3 옥타브	-	1/1 옥타브	1/3 옥타브	1/1 옥타브, 1/3 옥타브
등급간격	세부간격	세부간격	5dB	1dB	5dB
기 타	스펙트럼 보정치를 사용하여 주파수특성 고려	인간의 청감각 유사	평가등급간 차이가 커서 평가등급의 세부분류에 어려움	최대 8dB 편차를 허용함으로써 특정주파수대역에서만 낮은 차음성능을 갖는 재료의 차음성능에 대한 고려	합성수치 창문의 방음성 시험에 사용되는 등급으로서 4개의 척도만으로 구성

3.2 음원의 입사레벨 결정

차음대책을 수립하는데 있어서 대상 소음레벨의 결정은 매우 중요하다. 이러한 대상 소음레벨을 결정하는 데에는 몇가지 방법이 있을 수 있는데, 특히 주택의 경우에 외부에서 생기는 소음은 시간에 대하여 평균적인 소음이 문제가 되기 때문에 L_{eq} , L_{50} 등의 값을 이용하게 되며, 스튜디오 같은 곳에서는 발생하는 소음 자체가 문제가 되기 때문에 피크레벨 혹은 L_{5}, L_{10} 등을 사용하게 된다.²⁾ Table 2는 분류된 음원의 종류와 실험시 사용한 음압레벨을 L_{eq} 로 나타낸 것이다.

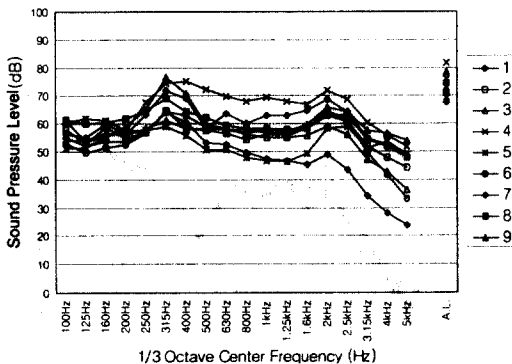
Table 2. Sound sources and incident level

구분	음원	Type1		Type2		Type3	
		dB	dBA	dB	dBA	dB	dBA
1	고속도로차량소음	77.1	75.0	82.9	81.1	87.0	85.2
2	일반도로차량소음	70.8	69.0	76.7	74.9	80.7	79.0
3	버스운행소음	78.4	72.8	84.1	78.6	88.2	82.6
4	기차통과소음	81.6	79.7	87.5	85.5	91.5	89.5
5	B747제트기이륙소음	69.4	65.3	74.6	71.0	78.5	74.9
6	군항기주행소음	71.5	70.2	77.0	76.1	80.9	80.1
7	민항기주행소음	67.8	62.2	73.3	67.7	77.5	71.8
8	B747제트기통과소음	74.6	71.3	80.2	77.1	84.3	81.1
9	Pink Noise	71.9	71.6	77.7	77.5	81.7	81.5

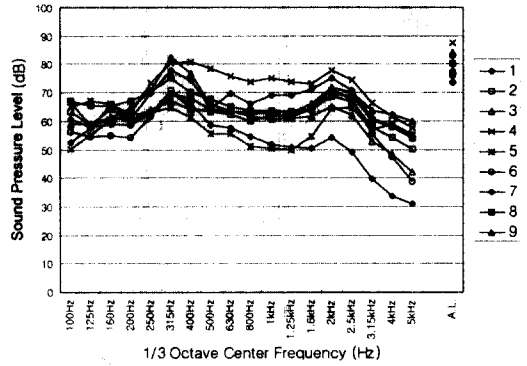
주1) 입사레벨은 창문에서 1m 떨어진 위치에서 측정된 값임.

주2) Type1,2,3은 입사음원의 세기에 따라 분류한 값임.

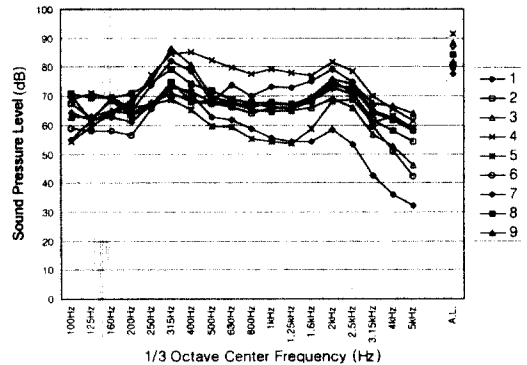
본 연구에서 사용한 음원의 음압레벨은 창문에 근접하여 측정된 값을 나타낸 것이며, Overall 값으로 각각 5dB씩의 차이를 가지고 있는 Type 1, 2, 3 세 종류의 음원크기를 사용하였다. Fig 1은 실험에 사용된 음원의 종류별 주파수 특성을 나타낸 것이다.



(a) level type 1



(b) level type 2



(c) level type 3

Fig 1. The frequency characteristic of sound sources

4. 외부소음에 대한 창의 차음성능 측정 및 결과분석

4.1 창의 차음성능 측정방법 및 기기

현장에서 차음성능을 측정하는 방법으로는 ISO 140 시리즈와 KS F 2235 등에 여러 방법이 있는데, 본 연구에서는 KS F 2235에 의거 실시하였다. 외부 마이크로폰은 창호 중심으로부터 1m 이격하여 하나를 설치하였으며, 실내부에는 창면으로부터 25cm 이격시켜서 4개의 마이크로폰을 설치하였다. 스피커 각도는 45°로 하였으며 측정에 사용된 기기의 내역은 아래와 같다. Fig 2 ~ Fig 4는 측정방법에 대한 개요를 보여주고 있다.

Symphonie (01dB, dBFA)

Microphones with Preamplifiers (B&K Type 4134)

Sound Source (B&K Type 4224)

8ch Multiflexer (B&K Type 2811)

Notebook Computer (IBM)

Tripod

2) 日本建築學會 編, 實務的騒音對策指針 應用編, 技報堂 出版株式會社, 1987, p.4

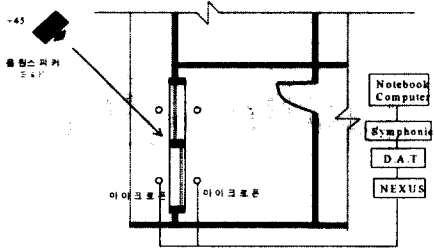


Fig 2. The incidence angle and composition of measuring instruments

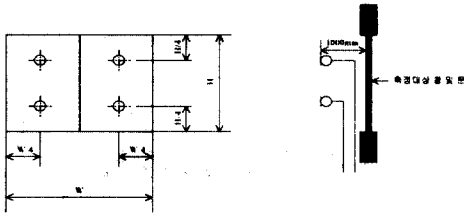


Fig 3. The measuring points at outdoor 1000mm

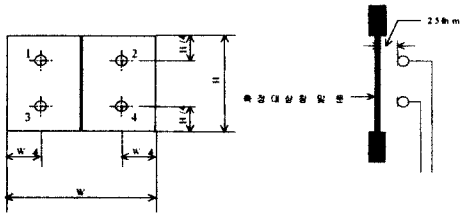


Fig 4. The measuring points at outdoor 250mm

실험에 사용된 방법으로는 음원의 특성에 따른 차음성능의 차이를 살펴보기 위하여 전체 3가지의 방법으로 구분하였으며, 세부 내역은 Table 3과 같다.

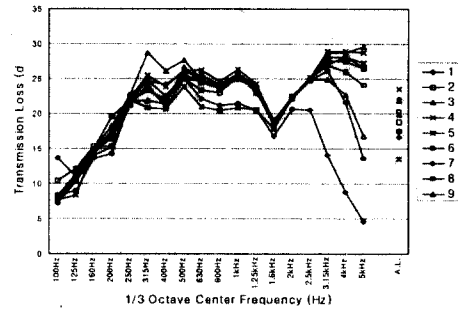
Table 3. Classifying of measurement methods

구분	레벨Type	입사각도	창 종류	비고
1	Type 1	+45°	이중창	침실
2	Type 2			
3	Type 3			

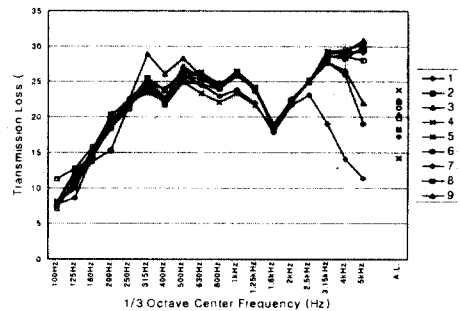
4.2 음원 종류 및 크기에 따른 차음성능

음원의 종류별 차음특성을 살펴보기 위하여 동일조건 하에서 음원의 크기변화에 따른 차이를 분석하였다. Fig 5는 음원의 종류별 차음특성을 비교한 것이다. (a)와 (c)를 비교해 보면 Type 1에서 Type 3으로 갈수록, 즉 음원의 크기가 커짐에 따라 동일창호의 차음성능 편차가 좁혀지고 있음을 알 수 있다. 따라서, 외부음원의 크기가 클 경우에는 Pink noise에 의한 차음성능을 적용하여도 무방

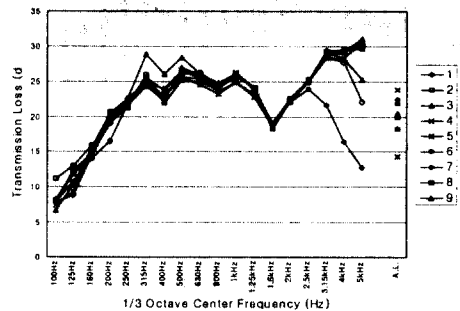
할 것으로 사료되며, 외부음원의 크기가 작을 경우에는 창호의 차음성능이 다양하게 나타나 차음대책을 수립하는데 있어서 음원의 종류별 특성에 따라 다양하게 적용할 수 있을 것으로 사료된다. 그림 중 3, 6, 7번 음원은 고주파수 대역에서 차음성능이 낮아지고 있는데 그 이유는 다른 음원에 비해 고주파수 성분이 낮기 때문이고, 특히 3번 음원인 버스운행소음은 315Hz 대역에서 매우 큰 레벨의 음원특성으로서 315Hz ~ 500Hz 대역에서 다른 음원에 비해 매우 큰 차음성능을 보이고 있다. 이는 버스운행소음이 주를 이루는 지역에서의 차음대책시 해당 주파수 대역에서 Pink noise에 의한 차음성능보다 약 3dB 높은 차음성능을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.



(a) level type 1



(b) level type 2



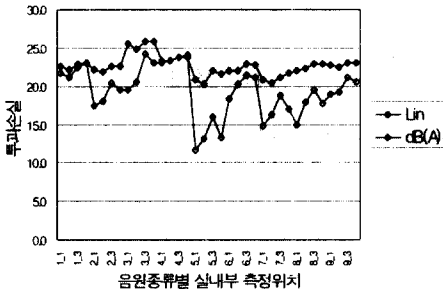
(c) level type 3

Fig 5. Sound insulation characteristic of the window depending on the sound sources

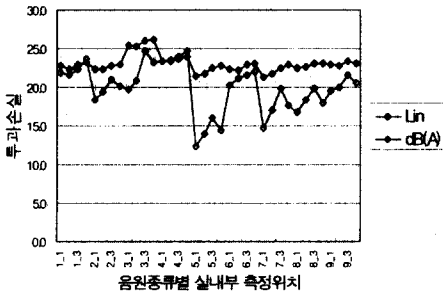
4.3 dB값과 dB(A)값의 투과손실값 비교

2장에서 설명한 바와 같이 차음성능을 나타내는 여러 가지 방법 중 여기에서는 ISO 및 KS에서 차음성능을 산출할 때 사용하는 dB값과 인간의 청감에 대응이 잘 되는 것으로 알려져 있는 dB(A)사이의 차이에 대하여 살펴보았다. Fig 6의 (a)로부터 (c)에 나타난 그래프는 실내 창문에 면해서 측정된 각 4점에서 음원의 종류에 따른 차음성능값의 변화를 보여주고 있다. 그림을 보면 음원의 종류에 관계없이 내부 3번 측정점에서의 투과손실값이 가장 높게 나타나고 있는데, 그 이유는 음원이 입사할 때 발코니 바닥에 의한 회절감쇠로 인해 창문 아래 방향으로 입사하는 음이 약화되었기 때문으로 사료된다.

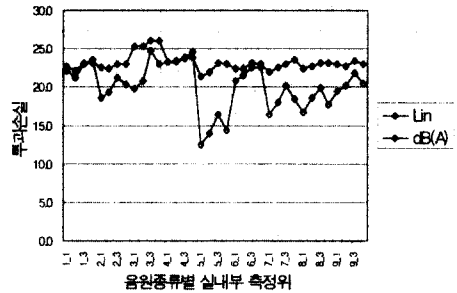
전체 음원 가운데 4번 음원의 dB값과 dB(A)값이 거의 동일하게 나타나고 있으며, 5번 음원에서는 두 값의 차이가 가장 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 여기에서 4번 음원은 기차통과소음으로서 주파수 대역에서 높은 음압레벨로 구성되어 있으며, 5번 음원은 제트기 이륙소음으로서 250Hz~2kHz 대역에서 가장 낮은 레벨로 구성되어 있다. 따라서, 전대역값에 의한 음향투과손실값 비교에 있어서 주파수 전대역에서 높은 음압레벨로 된 음원에 대해서는 보정 유무에 크게 좌우되지 않지만, 그렇지 않은 소음의 경우에는 단일지수에 의한 차음성능 평가에 있어서 보정유무에 대한 적절한 방법을 택해야 할 것으로 사료된다.



(a) +45° 이중창(Type 1)



(b) +45° 이중창(Type 2)



(c) +45° 이중창(Type 3)

Fig 6. Comparison of the dB values with dB(A) values depending on the level types.

4.4 종합

이상의 결과를 종합하여 여러 평가방법에 의해 창문의 차음성능을 추출한 후 결과에 대하여 비교, 분석하였다. Table 4는 D, STC, dB 및 dB(A)에 의해 창호의 차음성능을 표기한 것이다.

D등급으로 나타난 값들은 등급이 5dB 간격으로 나뉘기 때문에 세 개의 등급으로 분류가 되었다. 음원 중 일반비행기 주행음인 7번 음원의 경우 고주파수 대역에서 낮은 차음성능값을 보여 등급이 가장 낮게 나타난다.

STC 등급에 의한 음원별 차음성능은 거의 동일하게 나타나고 있다. dB에 의해 나타난 각 결과값은 동일음원에 대해 음원크기에 따른 차음성능의 변화가 최고 5dB까지 나타나고 있음을 알 수 있으며, 음원별로는 약 10dB 정도의 편차까지 보이고 있다. 또, dB(A)에 의한 투과손실값을 비교해 보면 dB에 비해 상대적으로 음원크기에 따른 변화가 적게 나타나고 있으며, 음원의 종류에 따른 차이로는 약 3dB(A) 정도로 나타나고 있다.

이상과 같이 비교한 결과를 종합해 보면 민항기 주행음과 같이 중, 고주파수 대역에서 음압레벨이 낮은 특성을 가지는 음원에 대해서는 차음성능값이 전체적으로 낮게 나타남을 알 수 있었다. 그 이유는 창을 투과한 값이 내부 음압레벨 이하로 내려가서 차음성능이 낮게 나타났기 때문으로 사료된다.

평가방법에 따른 차음성능은 STC에 의한 방법이 가장 적은 편차를 나타내었으며, D등급은 두 부분밖에 나뉘지 않지만 등급하나의 차이가 매우 크기 때문에 실제적으로 아주 큰 편차를 보이고 있다고 할 수 있다. 단일값에 의한 방법 중 dB값은 음원의 종류에 따라 매우 큰 편차를 보이기 때문에 현재 ISO 및 KS에서 계산하게 되는 차음성능값이 달라질 수 있음을 알 수 있다. dB(A)에 의한 음원종류별 투과손실값은 그 편차가 dB값에 비해 매우 적게 나타남을 알 수 있었다.

Table 4. Comparison of the sound insulation performance to the different rating methods

구분	평가방법	D			STC			dB			dB(A)			
	음원종류	레벨Type	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	고속도로차량		20	20	20	23	22	23	22.1	22.4	22.5	22.7	22.8	22.8
2	일반도로차량		20	20	20	22	22	22	18.8	19.7	19.9	22.3	22.6	22.7
3	버스 운행		20	20	20	22	22	22	21.9	22.1	22.1	25.5	25.7	25.7
4	기차 통과		20	20	20	22	22	22	23.6	23.9	23.8	23.6	23.6	23.5
5	제트기주행		20	20	20	21	22	22	13.5	14.2	14.3	21.2	22.1	22.3
6	군항기주행		20	20	20	22	22	22	20.3	21.3	21.8	22.4	22.7	22.7
7	민항기주행		15	15	15	18	18	22	16.7	17.3	18.3	21.0	22.2	22.7
8	제트기통과		20	20	20	22	22	22	17.5	18.2	18.2	22.6	22.9	22.8
9	Pink Noise		20	20	20	22	22	22	19.9	20.4	20.5	22.9	23.0	23.0

5. 결 론

본 연구는 음원의 종류에 따라 공동주택 외부창호의 차음성능 변화를 분석함으로써 공동주택이 건설되어지는 지역의 음원종류에 따른 적절한 차음대책 제안하고자 하였다. 연구수행을 위하여 공동주택 주변에 존재하는 소음8개와 비교대상소음인 Pink noise 1개로 전체 9개의 음원을 녹음하였으며, 침실의 전면에서 스피커를 설치하여 출력레벨을 세 Type으로 구분하여 음원을 재생하였다.

본 연구를 통하여 도출된 주요결론을 요약하면 다음과 같다.

1) 음원의 종류별 차음특성을 살펴보기 위하여 동일조건 하에서 음원의 크기변화에 따른 차이를 분석한 결과, 음원의 크기가 커짐에 따라 동일창호의 차음성능 편차가 적어졌다. 따라서, 외부음원의 크기가 작을 경우에는 창호의 차음성능이 다양하게 나타나 차음대책을 수립하는데 있어서 음원의 종류별 특성에 따라 다양하게 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

2) 실내부 측정점에서 측정한 결과를 단일값인 dB 및 dBA로 비교한 결과, dB값은 음원의 종류에 따른 편차가 크게 나타났지만, dBA값은 음원의 종류별로 거의 비슷한 값을 나타내었다. 또, 기차통과 소음과 같이 전주파수 대역에서 높은 음압레벨로 구성되어 있는 음원에 대해서는 dB값과 dBA값이 거의 비슷하게 나타난 반면, 제트기 이륙소음과 같이 250Hz~2kHz 낮은 레벨로 구성되어 있는 음원에 대해서는 dB값과 dBA값의 편차가 매우 크게 나타났다. 따라서, 단일지수값에 의한 음향투과손

실값 비교에 있어서 주파수 전대역에서 높은 음압레벨로 된 음원에 대해서는 보정 유무에 크게 좌우되지 않지만, 그렇지 않은 소음의 경우에는 단일지수에 의한 차음성능 평가에 있어서 보정유무에 대한 적절한 방법을 택해야 할 것으로 사료된다.

3) 평가방법별 차음성능을 비교한 결과 STC에 의한 방법이 가장 적은 편차를 나타내었으며, D등급은 두 개의 등급으로 나뉘었다. 단일값에 의한 방법 중 dB값은 음원의 종류에 따라 매우 큰 편차를 보이기 때문에 Pink noise를 사용할 때와 실제 음원에 대해 사용할 때, ISO 및 KS에서 계산하게 되는 차음성능값이 달라질 수 있음을 알 수 있다. dB(A)에 의한 음원종류별 투과손실값은 그 편차가 dB값에 비해 매우 적게 나타남을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 김선우, 김기용, 이옥균, 박현구, 송혁(1999), 현장실험에서 음원의 입사각도에 따른 창호의 차음성능 변화, 한국소음진동공학회지 제9권제6호
2. 김선우, 이태강, 송민정(1999), 벽체의 차음성능 기준 및 등급화에 관한 연구, 대한건축학회논문집 15권 9호
3. 日本建築學會 編, 實務的騒音對策指針, 技報堂出版株式會社, 1994.
4. 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
5. ISO 717-1, Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - part 1: Airborne sound insulation