

# 차음성능의 측정방법

김 철 한

(한국도로공사 도로교통연구원)

음향 투과손실은 재료나 구조의 차음성능을 나타내는 가장 기본적인 값으로, 흡음률과 마찬가지로 시험체에 대한 음의 입사조건에 따라 그 값이 달라진다. 따라서 현장조건에 따라 다른 차음성능 측정방법들이 제안되어 있으며, 이번 강좌에서는 이러한 차음성능의 측정방법에 대해 소개하고자 한다.

## 1. 잔향실법 투과손실

재료에 대한 음의 랜덤입사 조건을 가정한 차음성능 측정에는 잔향실법이 이용된다. 이 방법은 2개의 결합된 잔향실을 이용하여 음압을 측정하는 방법으로 가장 일반적인 방법이다. 그림 1과 같이, 2개의 잔향실 사이의 격벽에 시험체를 설치하고 음원쪽 잔향실에서 노이즈 음원을 스피커를 통해 방사하고 음원실과 수음실 내부에서 평균 음압레벨 및 수음실내의 잔향시간을 측정하고, 그 결과로부터 식 (1)에 의해 시험체의 음향투과손실  $R$ 을 계산한다.

$$R = (\bar{L}_1 - \bar{L}_2) + 10 \log_{10} \frac{S}{A_2} \quad (1)$$

$$A_2 = \frac{55.3}{c} \cdot \frac{V_2}{T_2} \quad (2)$$

여기서,  $\bar{L}_1$ 은 음원실의 평균 음압레벨  $\bar{L}_2$ 는 수음실의 평균 음압레벨,  $S$ 는 시험체의 면적[m<sup>2</sup>],  $c$ 는 음속 [m/sec],  $V_2$ 는 수음실의 용적 [m<sup>3</sup>],  $T_2$ 는 수음실의 잔향시간[sec]을 의미한다. 식 (1)과 (2)는 음원실에서 시험체면을 통해 수음실로 투과하는 음향파워와 수음실에서 흡수되는 음향파워의 평형조건으로부터 유도되었다. 이 측정방법을 규정하고 있는 ISO 140-1(1997)과 ISO 140-3(1995)에서는 잔향실의 용적이 100 m<sup>3</sup> 이상(150 m<sup>3</sup> 이상이 바람직)의 type I 시험실, 50 m<sup>3</sup> 이상의 type II 시험실의 2종류를 규정하고 있다. Type I 시험실은 시험체의 물성값에 가까운 음향투과손실을 측정하는 경우에 사용되며, type II 시험실은 실제 건물에 설치된 상황에 가까운 조건으로 벽 등의 음향 투과손실을 측정하는 경우를 상정하고 있다. 2가지 모두 시험체의 면적을 10 m<sup>2</sup> 정도 필요로 한다.

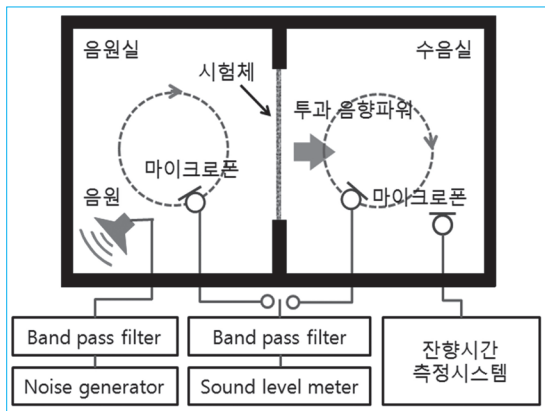


그림 1 잔향실법에 의한 음향 투과손실 측정

\* E-mail : c.h.kim@ex.co.kr

## 기초강좌

## 2. 음향 인텐시티법 음향 투과손실

잔향실법 투과손실 측정방법에서는 시험체를 통과하는 음향파위에 대하여 수음실의 평균 음압레벨과 잔향시간으로부터 간접적으로 투과손실을 산출하고 있다.

이와는 다른 방법으로 그림 2와 같이, 음향 인텐시티법에 의해 시험체면을 통과하는 음향파위를 직접 측정하는 방법이 있다. 이 방법은 음원측 잔향실 조건은 그림 1과 동일하지만, 수음실에서는 가능한 한 반사가 없는 조건을 필요로 한다. 이 원리에 의한 음향 투과손실 측정방법에 대해서는 ISO 15186-1에 상세히 규정되어 있다. 이 방법에서는 수음실쪽 시험체에 근접하여 측정면을 설정하고, 그 면을 수직으로 통과하는 음향 인텐시티를 이산점법(다수의 이산점에 인텐시티 프로브를 설정하여 측정하는 방법) 또는 스캐닝법(인텐시티 프로브를 연속적으로 이동하는 방법)에 의해 측정하고, 이것에 측정면의 면적을 곱하여 투과 음향파위를 계산한다. 한편, 시험체에 입사하는 음향파위는 음원실의 평균 음압레벨로부터 간접적으로 계산하며, 이 측정결과로부터 시험체의 음향 투과손실  $R$ 은 다음의 식 (3)에 의해

계산된다.

$$R = \bar{L}_1 - 6 - 10 \log \left[ \sum_i \left( 10^{L_{i,i}/10} \Delta S_i \right) \right] \quad (3)$$

여기서,  $\bar{L}_1$ 은 음원실의 평균 음압레벨,  $L_{i,i}$ 는 측정면상의  $i$ 번째 측정점에 대한 법선 방향의 음향 인텐시티 레벨,  $\Delta S_i$ 는 측정면상의  $i$ 번째 분할 면적[m<sup>2</sup>]을 의미한다.

식 (3)에서  $10 \log \left[ \sum_i \left( 10^{L_{i,i}/10} \Delta S_i \right) \right]$ 항은 시험체면을 통과하는 투과음의 음향 파워레벨을 의미한다. 스캐닝법으로 측정할 경우에는 분할면적마다 투과음의 음향파위를 산출하고 합산하여 음향 파워레벨을 계산해도 된다. 이 방법에 의하면, 시험체면을 통과하는 음의 투과를 부분적으로 산출하는 것이 가능하므로 창호 등의 차음구조 개발에 활용할 수 있다.

## 3. 현장에서의 차음성능 측정방법

(1) 실간 음압레벨차  $D$ 

인접하는 2실간의 차음성능을 측정하는 방법은 ISO 140-4(1998)에 상세히 규정되어 있다. 이 방법에서는, 1실(음원실)에 음원 스피커를 설치하여 밴드 노이즈 또는, 광대역 노이즈를 방사시켜 1실의 평균 음압레벨  $L_1$ 과 2실(수음실)의 평균 음압레벨  $L_2$ 를 각각 측정하고 그 차를 구하여 실간 음압레벨  $D$ 를 산출한다.

$$D = L_1 - L_2 \quad (4)$$

실내평균 음압레벨의 측정방법은 마이크로폰을 이산점으로 설정하는 방법(고정 마이크로폰법)과 마이크로폰을 연속적으로 회전시키는 방법(이동 마이크로폰법)이 있다.

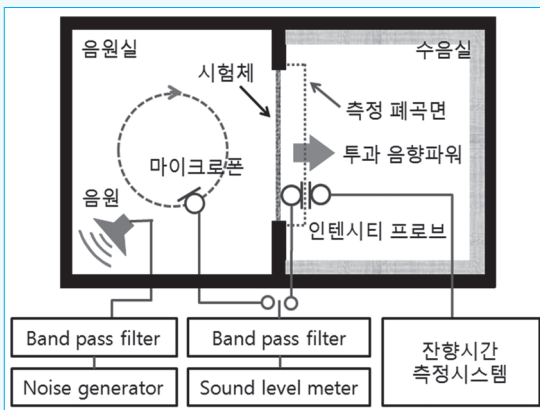


그림 2 음향 인텐시티법에 의한 음향 투과손실 측정

### (2) 규준화 음압레벨차 $D_n$

앞에서 기술한 실간 음압레벨차는 격벽의 음향 투과손실이 같다 하더라도 수음실의 흡음조건이 달라지면 그 값이 달라진다. 따라서, 다음 식과 같이 표준의 등가 흡음면적  $A_0(=10 \text{ m}^2)$ 에 대한 수음실의 등가 흡음면적  $A$ 의 비를 보정한 값을 규준화 음압레벨차  $D_n$ 이라 한다.

$$D_n = D - 10 \log_{10} \frac{A}{A_0} \quad (5)$$

여기서, 수음실의 등가 흡음면적은 잔향시간을 측정하여 세이빈(Sabine)의 잔향식을 바탕으로 한 식 (6)으로부터 계산한다.

$$A = \frac{0.16V}{T} \quad (6)$$

여기서,  $V$ 는 수음실의 용적[m<sup>3</sup>],  $T$ 는 수음실의 잔향시간[sec]을 의미한다.

### (3) 표준화 음압레벨차 $D_{nT}$

규준화 음압레벨차와 유사한 방법으로, 표준 잔향시간  $T_0$ 에 대한 수음실의 잔향시간  $T$ 의 비를 보정한 값을 표준화 음압레벨차  $D_{nT}$ 라고 한다.

$$D_{nT} = D + 10 \log_{10} \frac{T}{T_0} \quad (7)$$

여기서, 일반적인 주택 거실의 잔향시간은 실의 용적이나 주파수에 관계없이 0.5초에 가까우므로 표준 잔향시간은 0.5초로 한다(이 표준화는  $A_0=0.32 \text{ V}$ 를 표준의 등가 흡음면적으로 하여 규준화 하는 것과 등가이다).

### (4) 준음향 투과손실 $R'$

실제 건물의 2실간 음의 투과는 대상이 되는 격벽이나 바닥을 직접 투과하는 음향파워뿐만 아

니라 그 외 다른 경로에 의한 음의 전파(측로전파)에 의한 파워도 포함되어 있다. 따라서, 실간 음압레벨차와 수음실의 등가 흡음면적의 측정결과에서 식 (1)에 의해 계산한 음향 투과손실에서는 이러한 측로전파의 영향도 포함되는데, 겉보기 음향 투과손실이라는 의미에서 그 값을 준음향 투과손실(apparent sound reduction index)라 부르고  $R'$ 로 표기한다. 또한, 현장의 차음측정에서 음향 인텐시티법을 이용한 방법도 ISO 1586-2에서 규정하고 있다.

### (5) 특정 장소간 음압레벨차 $D_p$

벽, 바닥, 천정, 도어 등 특정된 장소의 차음을 평가하는 경우에는 다음식에 의한 특정 장소간 음압레벨차가 이용된다.

$$D_p = L_1 - L_2 \quad (8)$$

여기서,  $L_1$ 은 음원측 특정 위치에서의 음압레벨, 특정 영역의 평균 음압레벨 또는 실내 평균 음압레벨,  $L_2$ 는 수음측 특정 위치에서의 음압레벨, 특정 영역의 평균 음압레벨 또는 실내 평균 음압레벨을 의미한다. 이러한 측정이 필요한 경우는, 기계실과 제어실(control room)간의 격벽, 연회장의 임시 격벽, 호텔 객실과 복도 사이의 도어 등이 있다. 어느 경우이든지 음원측, 수음측 및 실내 특정 영역 및 특정 장소를 명기해야 하고, 음의 전파 방향을 표기해야 한다. 현장 측정의 경우, 음원 스피커는 특정 대상이 되는 음장이 가능한 확산성이 되도록 하고 음의 투과에 큰 영향을 주는 측정 대상 부위나 측로전파의 가능성이 있는 부위에 강하게 직접음이 입사할 수 있도록 설치가 필요하다.

### (6) 외벽의 차음성능 측정

건물 외벽의 차음성능 측정방법은 ISO 140-5에 규정되어 있다. 이 규격에는 측정용 음원으로서

## 기초강좌

스피커를 이용하는 방법과 외부 소음원인 교통 소음(도로교통소음, 항공기소음, 철도소음)을 이용하는 방법이 기술되어 있다. 또한, 측정 대상으로서 창호 등 외벽에 포함되는 건축부재의 겉보기 음향투과손실을 측정하는 방법(부재법, element method)과 외벽 전체의 차음성능(내/외 음압레벨차)를 측정하는 방법(전체법, global method)이 규정되어 있다. 내/외 음압레벨차에 대해서는 앞에서 설명한 규준화 및 표준화에 의한 성능표시 방법이 규정되어 있다. 이들 방법 중에서 스피커 음원에 의한 경우는 그림 3에 나타난 것과 같이 측정 대상이 되는 벽면에 대한 음의 입사각이  $45 \pm 5^\circ$ 가 되도록 스피커를 설치한다. 단, 부재법(element method)의 경우에는  $r \geq 5$  m,  $d > 3$  m, 전체법(global method)의 경우에는  $r \geq 7$  m,  $d > 5$  m가 되도록 한다. 음압레벨의 측정에 있어서 부재법의 경우에는 외벽이나 창문에 마이크로폰을 밀착시켜 설치하는 방법(flash microphone method) 또는 마이크로폰의 측을 면에 수직이 되도록 유지시켜 측정대상 부재의 외부 표면 부근의 음압레벨을 여러 지점에서 측정하고 평균레벨  $L_{1,s}$ 를 구한다. 전체법의 경우에는 측정대상 벽면에서 2 m 떨어진 면의 음압레벨을 여러 지점에서 측정하고 평균레벨  $L_{1,2m}$ 을 구한다. 한편, 수음실에서는 고정점법 또는 이동 마이크로폰법에 의해 실내 평균 음압레벨  $L_2$ 를 구한다. 이렇게 구한 내/외 음압레벨차로부터 부재법의 경우에는 겉보기 음향 투과손실  $R'_{45^\circ}$ 을 식 (9)에 의해 계산한다.

$$R'_{45^\circ} = L_{1,s} - L_2 + 10 \log_{10} \frac{S}{A} - 1.5 \quad (9)$$

여기서,  $S$ 는 측정 대상부재의 면적[m<sup>2</sup>],  $A$ 는 수음실의 등가 흡음면적[m<sup>2</sup>]을 의미한다.

$$D_{1s,2m} = L_{1,2m} - L_2 \quad (10)$$

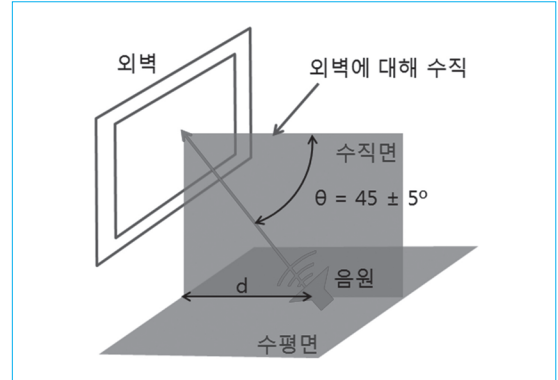


그림 3 스피커 음원법에 의한 외벽의 차음성능 측정(ISO 140-5)

이 규격에서는 음원을 실제 교통소음을 이용하는 방법에 대해서도 규정하고 있지만, 변동소음인 도로교통소음을 이용하는 경우에는 내/외의 등가 음압레벨, 간헐소음인 항공기소음이나 철도소음을 이용하는 경우에는 단발 음압 폭레벨을 건물의 내/외에서 동시에 측정해야 한다. KSNVE

## 참고 문헌

- (1) 橘秀樹, 2004, 環境騒音・建築音響の測定, コロナ社.
- (2) 内藤洋一, 2000, 音響インテンシティ法を用いた實驗室における音響透過損失測定方法, 日本建築學會大會學術講演論文集, pp. 223~224.
- (3) 矢野博夫, 1998, 基準音源を用いた室内透過吸音面積の測定, 日本建築學會大會學術講演論文集, pp. 815~816.
- (4) Tachibana, 1988, Loudness Evaluation of Sound Transmitted through Walls - Basic Experiment with Artificial Sounds -, Journal of Sound and Vibration, Vol. 127, No. 3, pp. 499~506.