

Sound Intensity를 이용한 건물부재의 차음성능 실험실 측정방법 고찰 Review of Measurement of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements Using Sound Intensity: Laboratory Conditions

⁰정성수* · 국찬** · 김선우***

Sung Soo Jung*, Chan Kook**, Sun-Woo Kim***

Key Words : Sound Intensity(음향세기), Sound Reduction Index(감음지수), Reverberation Room(잔향실)

ABSTRACT

In this study, the ISO 15186-1 "Measurement of sound insulation in buildings and of building elements using sound intensity - Part 1: Laboratory conditions" was reviewed in order to make it as a new Korean Industrial Standard. Several main contents are discussed.

1. 서론

한국산업규격(KS)을 국제적 수준의 ISO 규격에 걸맞게 하려는 작업이 각종 관련 분야에서 진행되고 있다. 이를 위해 우리가 충분히 기술적으로 ISO 규격을 수용할 수 있을 경우는 단순한 번역작업도 가능하지만, 아직까지 미비한 점이 있는 경우는 좀더 상세 내용에 대한 검증을 통해 KS화하는 것이 필요할 것으로 보인다. 음향 부분에서는 음향세기(sound intensity)에 의한 측정이 ISO 규격으로 새롭게 제정되고 있는 실정이며 이들 중 건물부재의 공기 전달음 차음에 대해서는 ISO 15186에 규정되어 있다. ISO 15186은 총 3개 부분으로 구성되는데 영문으로는 "Measurement of sound insulation in buildings and building elements using sound intensity Part 1: Laboratory conditions, Part 2: Field measurements, Part 3: Special low frequency applications"이다.

본 연구는 이들 중 "제 1부의 실험실 조건"에 관한 것이다. 실험실법에 의한 건물부재의 차음성능 평가으로 음압레벨을 사용하는 방법이 KS F 2808⁽¹⁾ 혹은 ISO 140-3⁽²⁾에 규정되어 있다. 음향세기에 의한 규격은 최근에 제정된 바 국내에서도 음향세기에 대해 관심이 많아졌고 기술적으로도

큰 문제가 없기 때문에 본 규격을 KS화하는 것이 필요하게 되었다. 하지만 새로 제정되는 규격인 만큼 세부적으로 볼 때 좀더 심도 있는 검증이 필요할 것으로 보인다. 따라서 ISO 15186-1⁽³⁾을 새로운 KS 규격으로 제정하기에 앞서 주요 내용을 간략히 살펴보고 몇 가지 사항에 대해서는 집중적으로 검토하고자 한다.

2. ISO 15186-1의 주요 내용

ISO 15186-1은 ISO/TC43/SC2/WG 23에서 1995년 11월 6일에 처음 상정하였다. 이후 일련의 검토와 투표 과정을 거쳐 최종안이 1999년 12월 7일에 종료되었고 2000년에 제정되었다. 본 규격은 본체와 부속서(annex) 2개로 구성되어 있다.

본체

1. 적용범위 (scope)
2. 인용규격 (normative reference)
3. 용어와 정의 (terms and definition)
4. 시험장비 (instrumentation)
5. 시험준비 (test arrangement)
6. 시험절차 (test procedure)
7. 결과의 표시 (expression of results)
8. 시험 보고서 (test report)

부속서

- A. 측정 정확도 추정 (estimated precision of the method)
- B. Kc 값

* 한국표준과학연구원 음향진동그룹
E-mail : jss@kriss.re.kr
Tel : (042) 868-5307, Fax : (042) 868-5643

** 동신대학교 도시조경학과

*** 전남대학교 건축학과

음향세기에 의한 건물부재에 대한 차음성능을 측정하기 위해서는 최소한 하나의 잔향실이 필요하다. 잔향실은 음원실로서 음원실에서의 평균 음압레벨을 측정하게 된다. KS F 2808(혹은 ISO 140-3)은 음압레벨을 측정하여 차음성능을 평가하기 때문에 두 개의 잔향실(음원실과 수음실)이 필요한 반면 음향세기법은 잔향실이 하나만 필요하기 때문에 유리한 점이 있다. 측정은 시편 뒤에서 인텐시티미터로서 대상면의 수직으로 나오는 음향세기를 측정하게 된다. 음향세기 측정을 위한 센서는 주로 상용화된 인텐시티미터를 사용하고 있다. 인텐시티미터는 두 개의 마이크로폰으로 구성되어 있는데 기본적으로 음압을 측정하게 된다. 이들 두 마이크로폰은 상호 음압감과 위상 보정을 통해 유사한 것을 사용하고 있다. 현재 상용화된 제품의 경우 마이크로폰이 상호 마주 보며 그 사이에 space bar를 설치하고 있다. 초기에는 두 마이크로폰을 나란히 두었지만 마주하는 것이 오차요인을 더 줄일 수 있다는 실험결과를 통해 현재는 마주보도록 되어 있다. Space bar의 길이에 따라 실제 측정하는 주파수의 한계가 결정되며 길이가 길수록 저주파수 대역까지 측정이 가능하게 된다.

음향세기법을 적용하는데 있어 측정에 두 가지 방법이 가능하는데, 스캐닝 방법과 이산적 방법이 있다. 스캐닝 방법은 자동이송 장치를 이용하여 일정한 속력(0.1 m/s ~ 0.3 m/s)으로 인텐시티미터를 좌우 혹은 상하로 이동시키면서 인텐시티레벨을 측정하는 것이다. 이 방법은 실제 대상 시료면이 작은 경우(문, 창문 등)에는 적합하지만 비교적 큰 시료(벽체)인 경우는 측정시간과 자동이송장치 설치로 인한 비용의 상승 등이 수반된다. 이에 반해 이산적 방법은 대상 시료면을 적절하게 나누어 수동으로 인텐시티미터를 이동시키면서 측정하게 된다. 이것은 자동측정에 비해 측정점이 비교적 적고 측정 위치의 선정에 있어 정확하지 않기 때문에 오차가 클 수 있지만 큰 시료에 적용할 수 있다는 장점이 있다. 이들 두 경우를 고려할 때 일반적인 경우는 이산적 방법이 유효한 것으로 보이고, 작은 규모의 시험체에 대해서는 자동측정법이 효과적인 것으로 판단된다.

음향세기법으로 건물부재에 대한 차음 성능을 측정하는 방법을 간략히 살펴보면 다음과 같다. 그림 1처럼 대상 시료를 설치하고 잔향실에서 음원을 가진시킨다. 이때 마이크로폰을 사용하여 잔향실 내 평균 음압레벨을 측정하고 수음지점에서는 인텐시티미터를 이용하여 주파수 밴드별로 음향세기레벨을 측정하게 된다. 이때 주파수에 따라 인텐시티미터 space bar의 길이를 달리해야 한다(예를 들어, 50 mm 간격인 경우는 50 Hz~500 Hz, 12 mm인 경우는 500 Hz 이상; 일반적으로 12 mm 간격의 space bar인 경우 100 Hz~5000 Hz까지 가능하다). 이들 두 값으로부터 차음량(투과손실)을 계산하는데 간단히 나타내면 식 (1)과 같다.

$$R_T = L_{p1} - 6 - \left[(L_{1n} + 10 \log \left(\frac{S_m}{S} \right)) \right] \text{ dB} \quad (1)$$

여기서

L_{p1} : 음원실에서의 평균 음압레벨,

L_{1n} : 수음실에서의 측정 면에 대한 평균 음향세기레벨,

S_m : 측정 면의 총 면적,

S : 대상 시편의 면적.

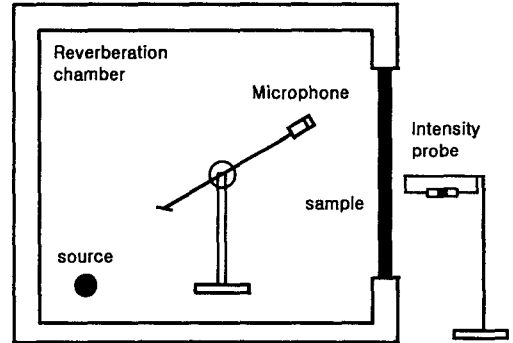


그림 1. 음향세기법에 의한 시료의 차음량 산출 시험 방법.

그림 ISO 15186-1의 주요 내용에 대해 좀더 자세히 살펴볼도록 하겠다.

보정

음향세기법의 경우 인텐시티미터로 측정하기 때문에 보정이 필수적이다. 보정에 대해서는 적절한 표준방법으로 실험실에서는 1년에 1회, 음향세기 보정기로는 2년에 1회 이상으로 규정하고 있다.

실험실 상태

음원실은 확산장을 만족하여야 한다. 수음실의 경우는 field indicator F_{μ} 와 배경소음이 시험에 만족하는지 확인하여야 한다. 우선 배경소음의 경우는 음압레벨과 음향세기레벨이 배경소음보다 최소한 10 dB 이상이면 된다. Field indicator는 음압레벨 L_p 와 음향세기레벨 L_{1n} 과의 차로서 $F_{\mu} = L_p - L_{1n}$ 이다. 이 값이 음수이거나 혹은 수음실쪽에 흡음표면을 가지는 시편인 경우 6 dB 이상, 반사형 시편인 경우는 10 dB 이상이면 안된다. 만약 이러한 조건을 만족하지 못하면 수음실에서 측정 조건들을 변화시켜야 하는데 우선적으로 측정거리를 50 mm에서 100 mm로 증가시킨다. 이러한 방법으로도 되지 않으면 수음실에 흡음물질을 다소 설치하는 것이 필요하다.

시편 설치방법

시편의 경우 양면이 모두 반사형인 경우는 문제가 없지만 반사형과 흡음형 물체를 조합한 경우는 흡음형 부분이 음원실로 향하도록 설치한다.

측정 면

수음실 쪽에서 측정 면은 시편을 완전히 둘러싸고 있는 면을 택하게 된다. 시편을 niche에 설치하는 경우는 niche 개구부의 수직방향이 측정면이 된다. 시편으로부터 인텐시티 미터까지의 거리 즉, 측정거리는 일반적으로 0.1 m~0.3 m 사이에 두게 된다. 측정거리를 0.1 m 미만으로 두게 되면 진동요소에 의한 근접장에 속하게 되므로 음향세기레벨이 수시로 변할 수 있다. 시편이 niche에 설치되어 있지 않거나 niche의 깊이가 0.1 m보다 작은 경우는 표면이 상자형 모양이 되는 경우가 있다. 이 경우 측정거리는 0.3 m가 넘지 않도록 한다.

자동스캐닝 방법

자동측정인 경우 측정 면에 대해 적절한 간격을 선택하면 된다. 일정한 속력으로 측정 지점을 선택하면 되는데 이송 속력은 0.1 m/s~0.3 m/s 사이면 된다. 측정방향은 좌우 혹은 상하로 그림 2와 같다.

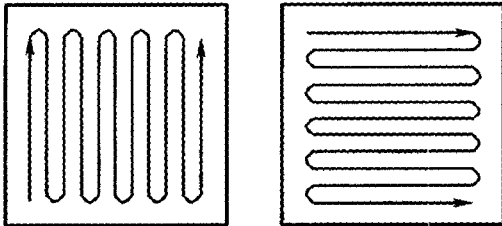


그림 2. 자동스캐닝 방법.

측정면이 상자형이라면 상자형을 이루는 모든 면에 대해 음향세기를 측정해야만 한다.

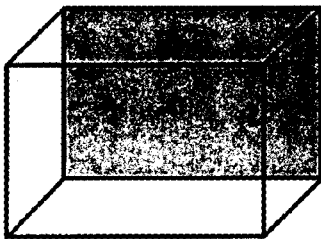


그림 3. 상자형 측정 대상면.

이산적 측정방법

자동측정법과는 달리 이산적 측정방법은 몇 개의 고정된 위치에서 측정하는 방법이다. 측정점의 간격은 음향학적으로 틈새가 있거나 불균일한 흐름이 있는 곳에서는 조밀한 등간격을 유지한다. 각 측정점에서 측정시간은 10초 이상 유지한다. 만약 음원을 이동 가능한 loudspeaker로 사용하는 경우는 문, 창문, 작은 시편에 대해서는 최소한 2 군데 그리고 벽체의 경우는 8 군데 설치한다.

측정결과 검증

각 고정된 음원에 대해 두 번 스캔함에 있어, 한번 스캔한 후 90° 돌려서 다시 스캔하여 두 결과를 비교하게 된다. 만약 두 결과의 차이가 시험 주파수 밴드별로 1.0 dB 이하이면 두 값을 산술 평균한 값을 택하면 된다. 만약 두 값이 1.0 dB 보다 크다면 시험조건을 수정하여 측정 지점을 좀더 조밀하게 택하거나 측정면 혹은 측정 환경의 개선, 측정회수의 증가 등의 방법을 택한다.

만약 이동 음원을 사용한 경우는 각 스캔 당 문, 창문, 작은 건물부재에 대해서는 적어도 하나의 음원을 그리고 벽체에 대해서는 적어도 2개의 음원을 사용해야 한다.

작은 영역으로 구성된 면

측정 면을 몇 개의 작은 면으로 구분하여 측정하는 경우는 각 면에 대해 음향세기를 측정한 후 다음 계산방법을 적용하여 음향세기레벨을 구한다.

$$L_{bn} = 10 \log \left[\frac{1}{S_m} \sum_i S_{mi} 10^{0.1L_{ni}} \right] \quad (2)$$

여기서

i 는 부면적,

S_m 은 총 면적, $S_m = \sum_i S_{mi}$

그리고 음압-음향세기 지시 값은 다음 식으로 구한다.

$$F_N = 10 \log \left[\frac{1}{S_m} \sum_i S_{mi} 10^{0.1L_{ni}} \right] dB - L_{bn} \quad (3)$$

여기서 L_{ni} 는 S_{mi} 에 대한 평균 음압레벨이다.

측정 주파수

측정 주파수는 1/3-옥타브 중심 주파수에 대해 100~5000 Hz까지 한다. 하지만 저주파수 대역이 필요하다면 50, 63, 80 Hz에 대해서도 가능하다. 옥타브 밴드는 1/3-옥타브 밴드에 대한 결과로부터 산정한다.

3. 연구방향

지금까지 ISO 15186-1의 주요 사항 몇 가지에 대해 살펴보았다. 본 규격을 KS 규격으로 제정하는데 있어 몇 가지 중요 사항들을 검증하고 발생할 수 있는 문제점을 사전 점검하기 위해 다음의 내용을 집중적으로 검토하고자 한다.

시험방법에 있어, 스캐닝 방법이 좋기는 하지만 현재 마련된 잔향실의 경우 개구부가 상당히 크기 때문에 적용하는데 한계가 있다. 따라서 이산적 방법을 적용할 예정이다. 이산적 방법의 경우 주요 변수로서 시편과 마이크로폰간의 측정거리의 변화, 측정점의 개수변화, 수음실의 흡음재 처리 여부, 음원의 백색잡음과 옥타브 밴드 선택에 따른 변화, ISO 140-3에 의한 방법과의 비교 등으로 적절한 시편을 대상으로 검증하고자 한다.

참 고 문 헌

- (1) KS F 2808, "건축부재의 공기 전달음 차단성능 실험실 측정 방법"
- (2) ISO 140-3, "Acoustics- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements"
- (3) ISO 15186-1, "Acoustics-Measurement of sound insulation in buildings and of building elements using sound intensity - Part 1: Laboratory conditions"