



# 풍선음원을 이용한 현장차음성능 측정방법에 관한 제안

김 경 호\*  
(KCC 중앙연구소)

## 1. 머리말

일반적으로 재료의 차음성능을 측정하기 위해 사용되는 음원은 지향성을 갖지 않는 표준음원이며, 이를 이용하여 광대역 노이즈를 발생시켜 차음성능을 측정한다. 또한 음원실 내 음장을 가능한 확산음장으로 만들고 정상상태의 소음으로 만들기 위해서 충분한 측정시간(에너지평균시간)을 확보하는 조건에서 차음성능을 평가한다. 이와 관련하여 KS F 2808(2001)에서는, 고정식 마이크로폰은 400 Hz이하의 주파수 대역에서 6초 이상, 500 Hz이상의 주파수 대역에서는 4초 이상으로 등가 음압레벨을 측정하고 있으며 이동식 마이크로폰의 경우 30초 이상으로 규정하고 있다.

그러나 이와 같은 절차를 이용한 차음성능 평가 방법은 고가의 무지향성 표준음원과 앰프시스템을 요구하고 있으며 분석기기에서 잡색신호음을 발생시킬 수 있는 기능을 필요로 한다. 따라서 현장에서 차음성능을 측정하기 위해서는 많은 장비의 설치 시간 및 장비 이동시간으로 인한 제약이 따른다.

이 글에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서 현장에서 간편하게 차음성능을 측정할 수 있는 방법으로 표준 대신 풍선을 이용한 차음성능 측정방법에 대해서 제안하고자 한다.

## 2. 음원의 사양 및 설치방법

### 2.1 음원의 사양 조건

풍선음원을 이용한 차음성능 측정방법을 진행하

기에 앞서 먼저 규격에서 제시하고 있는 음원에 대한 성능 규정을 살펴보기로 한다. 'KS F 2808:2001, 건물부재의 공기 전달음 차단성능 실험실 측정방법'에서는 음원실에서의 음의 발생에 대한 방법을 명시하고 있으며 그 중 주요한 내용을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 음원실에서 발생된 음은 정상 상태이며 측정 대상 주파수 범위 전체에 걸쳐서 연속 스펙트럼을 갖는 것으로 한다. 음원실에서 음압 스펙트럼 특성은 서로 인접한 주파수 대역의 레벨차가 6 dB미만이어야 한다.

둘째, 음원의 음향 파워는 모든 주파수 대역에서 수음실내의 음압레벨이 배경소음 레벨보다 15 dB 이상 크게 되도록 설정한다.

셋째, 방사특성이 균일하고 전 방향으로 방사되도록 한다.

넷째, 음원 표준은 음장이 가능하면 확산음장이 되도록 하며, 시료에 직접음이 강하게 입사되지 않는 장소에 설치한다.

### 2.2 음원의 설치 방법

KS F 2808:2001의 부속서 3(규정)에서는 음원과 시료 및 마이크로폰의 간격에 대해서 다음 식에 의한 값보다 낮게 되어서는 안 된다고 규정하고 있다.

$$d_{\min} = 0.1(V/\pi T)^{1/2} \quad (1)$$

여기에서  $d_{\min}$  : 음원으로부터의 거리(m),  $V$  : 실험실의 용적( $m^3$ ),  $T$  : 잔향시간(s)

식 (1)에서 계산된 값의 거리를 2배로 하는 것이

\* E-mail : khkim92@kccworld.co.kr / Tel : (031) 288-3103

표 1 인접 주파수대역별 음압레벨 편차

|                     |     |     |       |      |     |      |       |     |
|---------------------|-----|-----|-------|------|-----|------|-------|-----|
| 1/3옥타브 밴드 중심주파수(Hz) | 125 | 160 | 200   | 250  | 315 | 400  | 500   | 630 |
| 레벨차(dB)             | 0.5 | 3.9 | 2.0   | 2.9  | 1.2 | 1.4  | 1.4   | 2.1 |
| 1/3옥타브 밴드 중심주파수(Hz) | 800 | 1K  | 1.25K | 1.6K | 2K  | 2.5K | 3.15K | 4K  |
| 레벨차(dB)             | 0.5 | 3.9 | 2.0   | 2.9  | 1.2 | 1.4  | 1.4   | 2.1 |

바람직하며, 음원으로부터의 직접음이 우세한 영역 밖에 마이크로폰을 설치하여야 한다. 이것은 음원표면으로부터 정해진 마이크로폰 위치까지의 직선상에 마이크로폰을 설치한 후 음원으로부터 멀어짐에 따라 음압 레벨이 크게 감소하는 영역의 외부에 마이크로폰을 설치하도록 규정한다.

### 3. 풍선음원의 사양 분석

#### 3.1 풍선의 음압레벨 분석

풍선음원이 규격에서 제시한 조건을 만족하는지 여부를 확인하기 위해 항목별로 살펴보았다. 먼저 인접주파수 대역의 레벨차에 대해서 분석하였다. 식 (1)에 의해서 계산한 결과를 바탕으로 마이크로폰과 2.5 m 이상의 떨어진 거리에서 풍선을 7번 터트려서 음압레벨을 측정했으며 각각의 인접주파수대역의 음압레벨차를 분석한 결과는 표 1 및 그림 1과 같다.

그림 1에서 보는 바와 같이 풍선음원은 평가대상 주파수대역 전체에서 100 dB 내외의 크기를 갖고 있어 표준음원에서 발생시키는 음압레벨과 거의 유사한 수준이며 차음성능을 측정하기에 충분한 크기의 음압레벨을 확보하는 것으로 판단된다. 두 번째로 풍선의 크기에 따른 음압레벨 편차를 분석해보았다. 7개 풍선을 각각 크기를 다르게 한 후 풍선을 터뜨리고 같은 위치에서 음압레벨을 평가한 결과 레벨 편차는 1 dB 수준인 것으로 나타났다. 풍선의 공기압은 바람을 불어넣는 도구를 이용하여 동일한 횟수로 바람을 넣어 일정한 공기압을 유지하도록 하였다.

#### 3.2 풍선 위치 변화에 따른 음압 편차 분석

풍선의 경우, 임펄스 형태의 음원을 가지기 때문에 실내를 정상상태로 형성하기 어렵다. 따라서 측정 위치에 따른 음압레벨 편차가 존재할 것으로 예

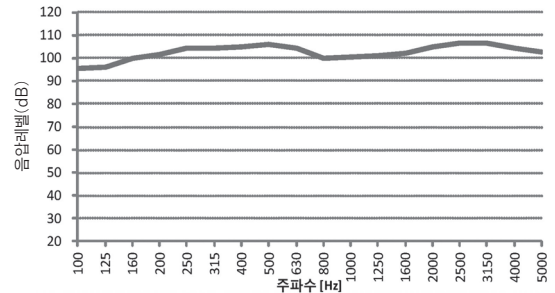


그림 1 풍선음원 주파수대역별 음압레벨

상되어 다음과 같은 실험을 진행했다.

먼저 그림 2와 같이 풍선 음원의 위치를 10개소로 선정하고 각각의 위치에 따른 음압레벨을 분석하였다. 그리고 나서 10개의 위치에서 평균편차를 분석하여 평균값과 유사한 4개소를 선정하여 차음성능 평가시 그 위치에서 음원을 발생시키고자 하였다. 앞선 실험에서 동일한 수음점에서 풍선 크기에 따른 레벨편차가 1 dB 내외였으므로 이 분석에서 풍선의 크기에 따른 음압변수는 고려하지 않았다. 한편, 투과손실값을 계산할 때는 4개소에서 측정된 값을 산술 평균하여 사용하였다.

10개소에서 풍선을 터트렸을 때 음원실에서의 음압레벨을 분석한 결과는 표 3과 같다. 표 3의 결과에서 알 수 있는 것은 1번, 3번, 5번, 6번 위치의 음압레벨이 평균 및 편차가 작은 것으로 나타났다. 따라서 차음성능 실험에서는 1, 3, 5, 6번 위치에서 풍선을 터뜨린 후 차음성능을 평가하기로 하였다. 참고로 표준 음원을 동일한 위치에서 발생시킨 후 평균 편차를 분석한 결과는 2, 5, 6, 9번에서 가장 작은 편차가 나타났다.

결과적으로 차음성능 평가에서 음원 위치에 따른 음압레벨 편차는 음압레벨의 크기보다 그 중요성이 덜하다고 판단된다. 차음성능 측정에서 우리가 알고자 하는 것은 음원실과 수음실의 레벨차이

표 3 풍선위치에 따른 음압레벨 분석

| 위치       | 1   | 2   | 3   | 4    | 5    | 6    | 7    | 8   | 9   | 10   |
|----------|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|------|
| 음압레벨[dB] | 113 | 117 | 113 | 111  | 112  | 112  | 109  | 114 | 116 | 110  |
| 표준편차[dB] | 0.3 | 4.3 | 0.3 | -1.7 | -0.7 | -0.7 | -3.7 | 1.3 | 3.3 | -2.7 |

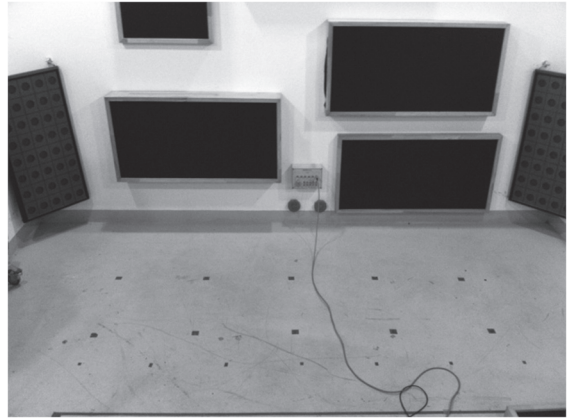


그림 2 풍선음원 및 음원발생위치(바닥에 ■로 표시된 부분)

(LD)기 때문이다. 그럼에도 불구하고 이 실험을 진행한 이유는 풍선을 이용한 측정방법에서 불확도에 영향을 주는 요인을 최소화 하기 위해서였다.

#### 4. 수음실에서의 측정방법에 관한 고찰

풍선을 이용한 차음성능 측정시 기본적인 측정방법은 KSF 2808:2001을 따랐으나, 풍선의 특성상 음원을 지속적으로 발생시킬 수 없기 때문에 일반적인 에너지평균법으로 측정할 수 없다. 따라서 풍선이 터질 때 발생하는 최대값을 평가하기 위해 중량바닥충격음을 측정하는 방법과 동일하게 Peak-hold 방식으로 음압레벨을 평가하였다. 이때 유의해야 할 사항은 Peak-hold의 동특성에 따른 수음실의 흡음력의 영향을 고려하는 것이었다. 일반적으로 표준음원을 이용한 측정법에서는 충분한 시간(30초 이상)동안 음원을 발생시키기 때문에 실내흡음에 의한 효과가 충분히 반영된다고 볼 수 있다. 하지만 풍선의 경우 극히 짧은 순간 음이 발생하기 때문에 실내의 1차, 2차 반사음이 마이크로폰에 입사되는 지에 대한 분석을 할 필요가 있다. 이를 위해 동일

표 4 차음성능 평가 조건

| 분석장비       | B&K PULSE system                                    |
|------------|---|
| 시료명        | 터닝도어  |
| 고려된 동특성 설정 | Fast(1/8s), Slow(1s), 1/64s                         |
| 수음실 용적     | 50.3 m <sup>3</sup> , 2.77 m(H), 3.6 m(W), 5.0 m(L) |
| 시료설치 면적    | 1.88 m <sup>2</sup>                                 |

한 시료를 대상으로 동특성을 다르게 하여 수음실의 음압레벨을 측정해 보았다. 실험조건은 표 4와 같다.

동특성을 1/64 s로 설정한 이유는 음속이 340 m/s 이므로 풍선이 터질 때 발생하는 소리가 5 m 이동하는 시간만큼만 측정하여 수음실의 마이크로폰에 도달하는 직접음만의 peak값을 취하기 위함이다. 그림 3은 이와 같은 조건에 의해서 평가한 시료의 차음성능 결과를 비교한 것이다.

그림에서와 같이 동특성에 따른 차음성능 결과는 크게 다르지 않았다. 그러나 동특성 설정에 따른 평가값 증감 여부에 대해서 보다 확실한 여부를 살펴

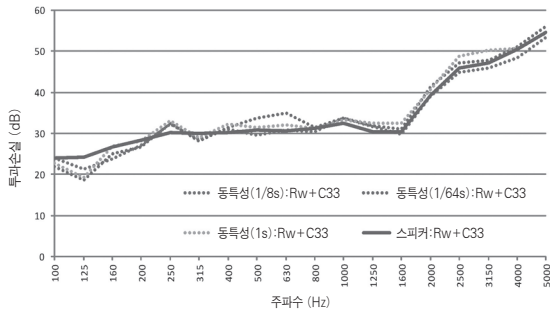


그림 3 풍동특성 시간에 따른 차음성능 측정결과 비교

표 5 동특성에 따른 흡음력 보정값 비교

| 동특성   | 흡음력 보정 전 $R_{w+C}$ | 흡음력 보정 후 $R_{w+C}$ |
|-------|--------------------|--------------------|
| 1s    | 34                 | 38                 |
| 1/8s  | 32                 | 37                 |
| 64/1s | 33                 | 38                 |

보기 위해서는 다양한 측정조건에서 통계적 유의성을 검증하여 결론을 내려야 할 것으로 사료된다.

다음으로는 흡음력 보정 유무에 따른 차음성능 결과를 비교해 보았다. 동특성을 다르게 했을 경우 마이크로폰에 입사되는 반사음 에너지의 크기가 다르기 때문에 같은 잔향시간으로 보정했을 경우 평가값이 다를 것을 가정하고 측정을 실시했으며 그 결과는 표 5와 같다.

표 5에서 나타난 결론은 동특성 설정이 흡음력 보정에 큰 영향을 주지 않았다는 것이다. 한편, 흡음력 보정 여부에 따라서는 재료의 실제 차음성능과 많은 차이가 나는 것을 볼 수 있었다. 따라서 Peak-hold 방식으로 측정할 때에도 흡음력 보정이 고려되어야 함을 확인할 수 있었다. 그러나 이는 수음실의 체적이 작은 공간에 적용할 수 있는 결과이며 체적이 100 m<sup>3</sup> 이상인 공간에서의 추가적인 실험 및 검증이 필요하다고 판단된다. 즉, 비교적 실의 체적이 작은 아파트, 오피스 등에서는 동특성에 따른 차음성능 결과값 차이가 없지만 체적이 큰 공간에서

는 동특성 시간에 따른 흡음보정값은 실험을 진행하여 그 영향을 판단해야 한다.

이상의 결과를 정리하면 풍선을 이용하여 차음성능을 평가하는 방법은 표준 음원을 사용한 측정방법의 평가 결과와 크게 다르지 않았다. 그러나 수음실의 체적이 클 경우에도 이와 같은 결론을 얻을 수 있는가에 대해서는 보다 많은 실험적 검토가 이루어져야 할 것이다. 또한 음압레벨평균방식이 아닌 Peak-hold 방식으로 차음성능을 평가할 때에도 잔향시간 측정을 통한 흡음력 보정은 필요한 것으로 나타났다.

## 5. 맺음말

이 실험은 현장에서 차음성능을 측정할 때 좀 더 간편한 방법으로 평가할 수 없을까? 란 생각에서 진행한 실험이다. 현장 여건상 표준음원과 앰프를 이용한 차음성능 측정은 주변에 큰 소음을 유발시키며 장비를 연결하기 위한 케이블로 인해 출입문을 확실하게 닫지 못한 채 측정하는 등 열악한 측정 환경을 가지고 있는 건설현장 측정에 있어서는 많은 제약이 따르기 때문이다.

이 실험결과를 통해 풍선음원을 이용한 측정결과가 표준 음원의 측정결과와 거의 유사하게 나왔다고 해서 풍선음원을 사용해도 좋다고 단정짓기 어렵다. 따라서 보다 많은 현장 데이터와 서로 다른 시료를 대상으로 그 유효성을 검증할 필요가 있다. 이러한 검증을 통해 현장에서의 간편한 음원을 사용해도 된다는 것이 증명된다면 공인성적서와 같은 신뢰성 높은 측정결과를 요구하지 않는 한 현장에서의 간편한 성능평가나 구조체의 차음성능에 대한 상호비교 평가에 있어서는 풍선을 이용한 성능평가가 충분히 유용한 결과를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

따라서 향후 음향시험동에서 진행되는 차음시험에서는 풍선음원을 이용한 차음시험을 병행하여 통계적 의미를 갖는 결과들을 학계에 보고할 계획이다. **KSNVE**