



수음실 음장 보정을 위한 잔향시간 측정시 음원의 지향 특성 및 위치의 영향

Effect of Directivity and Position of Sound Source

When Measure Reverberation Time for the Correction of Receiving Room

정 정 호[†]
Jeong-Ho Jeong[†]

(Received April 18, 2018 ; Revised June 19, 2018 ; Accepted June 19, 2018)

Key Words : Reverberation Time(잔향시간), Sound Source(음원), Sound Field Correction(음장 보정)

ABSTRACT

To measure the air-borne sound and floor impact sound insulation performance, the sound field correction of the receiving room was conducted using reverberation time. Reverberation time is varied by environmental conditions, characteristics of sound source, position of sound source and microphones, etc. The sound field correction method on a rubber ball impact sound was standardized. In this study, the reverberation time was measured and compared using an omni-directional loud-speaker, a half-omni-directional loud-speaker, and a sub-woofer. Reverberation times at below 500 Hz bands became shorter when the height of the Omni-directional loud-speaker was increased. The reverberation times measured with the omni-directional loud-speaker at 1.7 m height were similar with the reverberation times measured with the half-omni-directional loud-speaker. For the measurement of reverberation time in low frequency below 80 Hz band, sub-woofer was installed on the floor. Reverberation times measured with sub-woofer were shorter than reverberation times measured using the half omni-directional loud-speaker, and the deviation was smaller. In order to make a correction for the receiving room sound field condition on light-weight impact sound, the height of the omni-directional loud-speaker should be approximately 1.7 m. In addition, for the sound field correction of the rubber ball impact sound at below 100 Hz bands, the use of sub-woofer for sufficient generation of sound energy in the low-frequency band is needed.

1. 서 론

공기 전달음, 바닥충격음 측정 차단 성능과 건축 설비 소음 레벨을 측정하는 경우 수음실의 음장 상태에 따른 음압 레벨 변화는 잔향시간 또는 등가 흡음 면적을 측정, 계산하여 보정한다⁽¹⁻³⁾. 수음실의

잔향시간 측정을 위해서는 무지향성 음원과 무지향성 마이크로폰을 사용하는 것을 권장하고 있으나, 음원과 마이크로폰에 대한 세부적인 위치 등에 대한 내용은 부족한 실정이다. 최근 중량충격음을 측정하는 경우에도 수음실의 음장 조건에 따라 중량충격음 레벨이 변화되는 것으로 보고되고 있다^(4,5).

일반적으로 무지향성 음원을 수음실 경계면과 일

[†] Corresponding Author ; Member, Fire Insurers Laboratories of Korea
E-mail: jhjeong92@gmail.com

[‡] Recommended by Editor Jong Kwan Ryu

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

정 거리가 떨어진 지점에서 약 1.2 m ~ 1.5 m 높이에서 음원을 발생시켜 측정한다. 그러나 바닥충격음은 상부 세대에서 표준충격원으로 바닥을 가진하는 경우 하부 수음실에서는 천장 및 벽체를 통해 방사되는 형태로 전달된다. 바닥충격음 특히 중량충격음 레벨에 대한 수음실 음장 보정을 위해서는 실제 수음실로 전달 또는 방사되는 형태와 유사한 조건으로 잔향시간을 측정하여 보정하는 것이 합리적인 것으로 판단된다. 이를 위해 이 연구에서는 다양한 음원(무지향성 스피커, 반무지향성 스피커, 서브우퍼)과 음원 높이 등을 변화시켜 잔향시간을 측정비교 하였다. 이를 통해 바닥충격음 측정, 평가시 보다 정확한 수음실 음장 보정이 가능하도록 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. 공동주택 잔향시간 연구

경량충격음에 대한 음장 보정은 측정된 잔향시간을 기준잔향시간으로 보정한 표준화 바닥충격음(식 (1) 참고) 레벨, 측정된 잔향시간을 등가흡음면적으로 환산하고 기준 등가흡음면적으로 보정하는 표준화 바닥충격음 레벨(식 (2) 참고)이 있다⁽³⁾.

$$L'_{nT} = L_i - 10 \lg \frac{T}{T_0} \tag{1}$$

$$L'_n = L_i + 10 \lg \frac{A}{A_0} \tag{2}$$

여기서,

- L_{nT} : 표준화 바닥충격음 레벨(dB)
- L_n : 표준화 바닥충격음 레벨(dB)
- L_i : 바닥충격음 레벨(dB)
- T : 잔향시간(s)
- T_0 : 기준잔향시간(s), $T_0 = 0.5$ s
- A : 등가흡음면적(m^2) $A = 0.16 (V/T)$
- A_0 : 기준등가흡음면적(m^2), $A_0 = 10$ m^2

잔향시간 측정은 실내음향 뿐만 아니라 정확한 공기 전달음 및 바닥충격음 차단 성능 측정, 평가를 위해 다양한 연구가 진행되었다. 오양기 등^(6,7)은 국제 표준을 바탕으로 실의 잔향시간 측정 방법을 고찰하였으며, 신성환 등⁽⁸⁾은 저주파수 대역에서는 측

정 위치와 방법에 따라 잔향시간 차이가 발생하며, 선실의 경우 실제 3 dB 이상의 차음성능 차이가 발생할 수 있음을 제시하였다.

박철용⁽⁹⁾ 등은 경량충격음 측정시 잔향시간 측정 결과를 바탕으로 하는 표준화 음압 레벨과 등가흡음면적을 바탕으로 하는 표준화 음압 레벨의 보정량이 다른 경향성을 갖으며, 음장 보정 방법에 따라 서로 다른 경량충격음 레벨이 계산되는 것을 지적하였다. 이주원 등^(10,11)은 잔향시간 측정을 위해 다양한 음원을 사용하여 비교하였으나 유의한 차이는 나타나지 않은 것으로 보고하였다. 또한 표준화 바닥충격음 레벨 평가시 적절한 시정수(동특성)로 10 ms ~ 35 ms 를 제안하였으며, 800 Hz 이하 대역에서는 음원 및 수음점 위치에 따라 잔향시간 차이가 발생하는 것으로 나타났다. 송국근 등⁽¹²⁾은 실험실에서 잔향시간 측정시 환경조건(기온, 상대습도) 변화가 저주파수 대역의 잔향시간 변화에 유의한 영향을 미치는 것으로 보고하였다.

이병기 등^(13,14)은 입주 전·후 공동주택의 잔향시간 변화를 비교하였으며, 입주 후 세대 거실의 잔향시간은 500 Hz 대역 평균이 약 0.5 s, 방의 잔향시간은 약 0.3 s 수준으로 보고하였다. 또한 잔향시간을 측정하는 방법(충격음답 적분법, 음원 중단법)에 따라 차이가 발생하였으며, 체적이 31.25 m^3 보다 작은 공간에서는 표준화 음압 레벨차가 더 큰 값을 갖는 것으로 보고하였다.

김재호 등⁽¹⁵⁾은 공동주택 거실과 유사한 실험실에서 음장을 변화시킨 경우의 저주파수 대역의 잔향시간 불확도를 분석하였다. 정자영 등⁽¹⁶⁾은 잔향시간 변화에 따라 소음원별 인지 차이에 대한 청감실험을 진행하였으며, 잔향시간이 긴 경우와 짧은 경우 차인 인지 한계는 차이가 있는 것으로 나타났다. Kim 등⁽¹⁷⁾ 고무공 충격음의 잔향차이에 대한 청감 반응을 연구한 결과, 잔향성분이 길게 반영된 고무공 충격음을 더 거슬리게 인지하는 것으로 나타났다.

3. 음원별 잔향시간 변화 실험

수음실 음장 변화에 의해 변화되는 고무공 충격음 레벨을 보정하는 방법^(2,18,19)은 다양한 실험실 및 현장 조건에서 고무공 충격음 음장 보정 방법에 대한 실험 및 비교, 분석 결과를 바탕으로 표준화되어

있다. 고무공 충격음 측정시 수음실 음장보정 방법은 측정 대상 공간에서 측정된 잔향시간을 기반으로 한다. KS와 ISO에 표준화되어 있는 음장 보정 방법을 적용하는 경우 수음실 음장 변화에 의한 중량충격음 레벨 변화를 최소화할 수 있으나, 일부 주파수 대역의 경우 음장 보정 방법을 적용하여도 중량충격음 레벨 차이가 발생한다^(4,5). 이와 같은 경우는 해당 공간의 잔향시간 측정 결과가 실제 중량충격음에 음장에 의해 변화되는 정도와 다르기 때문으로 판단된다. 잔향시간은 음원 발생이 중단된 이후 음압레벨이 60 dB 감소되는데 소요되는 시간으로 정의되며, 음원 중단법 등으로 측정된다. 잔향시간 분석은 KS 표준에 음원이 중단된 이후 5 dB ~ 25 dB 구간을 회귀분석하여 추정하는 것으로 규정되어 있으나

저주파 대역의 경우 선형적인 감쇄가 이루어 지지 않아 잔향시간 분석을 대상으로 하는 구간에 따라 변화될 수 있다.

저주파수 대역의 중량충격음 레벨에 대한 음장 보정을 위해서는 저주파수 대역의 잔향시간 측정 및 실제 중량충격음 전달, 방사 특성을 고려한 잔향시간 측정 방법을 수립하는 것이 필요하다. 이를 위해 이 연구에서는 다양한 음원의 종류 및 위치에서 잔향시간을 측정하여 비교하였다. 잔향시간 측정은 무지향성 스피커를 이용하여 측정 대상실의 3~4 지점에서 측정하는 것으로만 규정되어 있고 세부적인 음원 위치나 수음점의 위치가 규정되어 있지는 않다. 중량충격음의 경우 상부 세대의 바닥 가진으로 인해 하부 세대의 천장과 벽체에서 고체 충격음이



(a) Omni source (<http://www.bksv.com>)



(b) Half-omni source (<http://snvkorea.co.kr>)



(c) Sub-woofer (<http://velodyneacoustics.com>)

Fig. 1 Sound sources which were used for reverberation time measurement

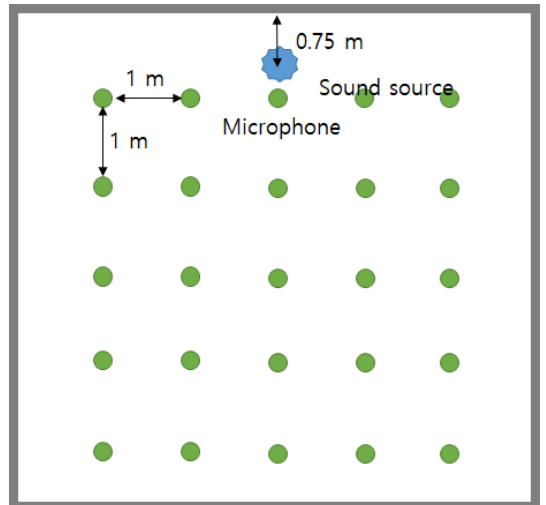


Fig. 2 Perspective view and diagram of experimental apartment unit with omni-directional sound source and microphones

방사되는 형태로 전달된다. 표준에 따라 잔향시간을 측정하는 방법은 중량충격음 전달 형태와는 다소 차이가 있다.

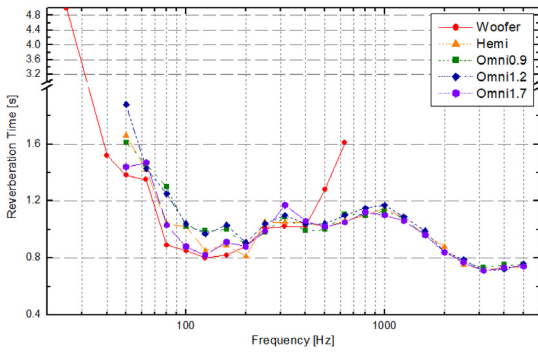
3.1 실험개요

이 연구에서는 실제 중량충격음의 전달 형태를 고려하여 잔향시간 측정을 위한 음원의 종류를 변화시키고, 수음점의 높이도 변화시켜 실제 공동주택 거실과 유사한 조건을 갖는 주거 실험동의 거실에서 실험을 진행하였다.

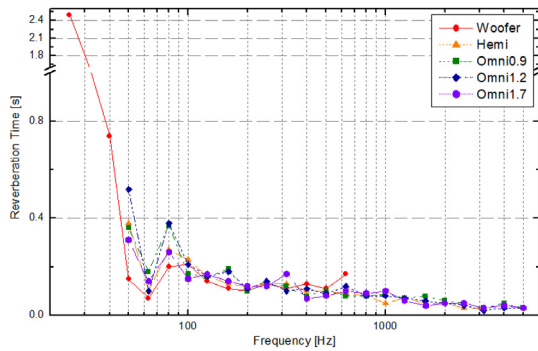
잔향시간 측정을 위한 음원 종류로는 무지향성 음원, 반무지향성 음원 그리고 서브우퍼를 대상으로 하였다. 무지향성 음원은 높이 0.9 m, 1.2 m 및 1.7 m로 변화시켜 실제 천장에서 중량충격음이 전달되는 형태를 모사할 수 있도록 하였다. 반무지향성 음원은 거실 바닥에 배치하여 천장에서 중량충격음이 발생하는 조건과 유사한 조건으로 적용하였다. 또한 저주파수 대역의 충분한 재생에 의한 차이를 검토하

기 위하여 서브우퍼를 이용하여 저주파수 대역의 잔향시간을 측정하여 비교하였다. 서브우퍼의 위치는 거실 바닥면으로 하였다.

Fig. 1은 실험에 사용된 음원을 나타낸 것이다. Fig. 1의 무지향성 스피커와 반무지향성 스피커는 100 Hz 이상 대역에서는 평탄한 주파수 특성으로 충분한 음압 레벨을 발생시킬 수 있었다. 50 Hz~160 Hz 대역의 저주파수 대역의 음압레벨은 Fig. 1(c)의 서브우퍼를 사용하여 충분히 발생시킬 수 있었다. 잔향시간은 84 m² Type 공동주택의 거실을 모사한 주거 실험동에서 측정하였다. 잔향시간 측정시 배경소음은 약 35 dB(A) 수준으로 잔향시간 측정시 각 주파수 대역별로 충분한 S/N비가 확보되었다. 수음점은 1 m 간격으로 배치하여 총 25지점에서 측정하였다. 높이에 따른 잔향시간 분포와 공간 평균을 위해 수음점의 높이를 0.6 m, 1.2 m, 1.7 m로 변화시켜 측정하였다. Fig. 2는 잔향시간 측정 대상 주거 실험동의 전경을 나타낸 것이다. 서브우퍼를 이용한 잔향시간 측정은

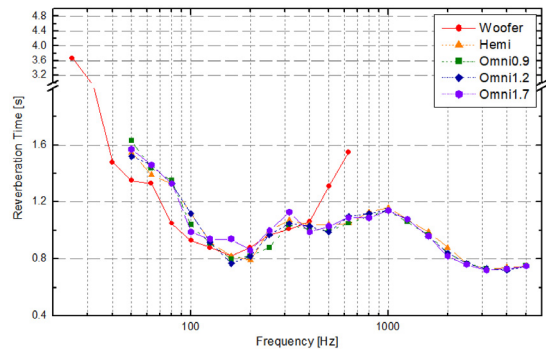


(a) Averaged reverberation time

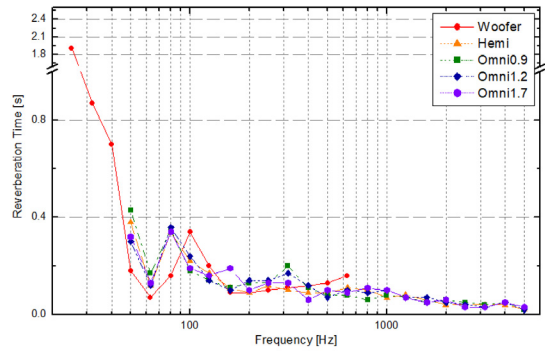


(b) Standard deviation of reverberation time

Fig. 3 Reverberation time measurement results at 0.6 m height receiving points



(a) Averaged reverberation time



(b) Standard deviation of reverberation time

Fig. 4 Reverberation time measurement results at 1.2 m height receiving points

25 Hz ~ 630 Hz 대역을 대상으로 핑크 노이즈를 사용하여 음원 중단법으로 측정하였다.

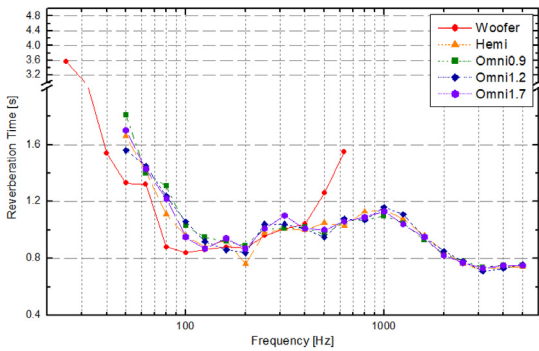
3.2 실험결과 - 음원 위치

Fig. 3에서 Fig. 5는 수음점 높이별로 음원 종류별 잔향시간 측정 결과의 평균값과 표준편차를 나타낸 것이다. 각 음원 종류에 따라 수음점의 높이는 0.6 m, 1.2 m 및 1.7 m로 하였다. 수음점 높이를 0.6 m로 한 경우 Fig. 3(a)에서와 같이 중·고주파수 대역의 잔향시간은 음원의 종류, 높이에 따른 차이가 크지 않은 것으로 나타났다. 무지향성 음원을 사용한 경우 음원의 높이가 증가함에 따라 잔향시간은 짧아지는 경향을 갖는 것으로 나타났으며, 반무지향성 스피커를 사용한 경우의 잔향시간 특성은 무지향성 스피커를 1.7 m 높이로 설치한 경우와 유사한 것으로 나타났다. 서브우퍼를 사용하여 측정한 저주파수 대역 잔향시간이 가장 짧은 것으로 나타났다. 100 Hz 이하 대역의 잔향시

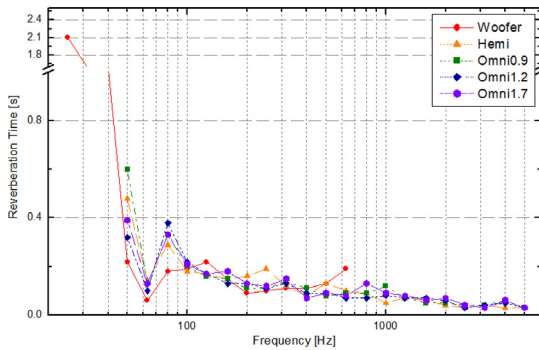
간 표준편차(Fig. 3(b) 참조)도 서브우퍼, 반무지향성 스피커와 무지향성 스피커를 1.7 m 높이로 설치한 경우가 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 서브우퍼를 사용하여 측정한 저주파수 대역 잔향시간은 다른 음원을 사용한 경우보다 짧은 것으로 나타났다.

500 Hz 이상 주파수 대역의 경우 서브우퍼에서 발생하는 음압 레벨이 작아 잔향시간이 정확하게 측정되지 않는 것으로 판단된다. 무지향성 스피커와 반무지향성 스피커를 사용하여 잔향시간을 측정하는 경우 80 Hz 이하 대역의 음압 레벨은 상대적으로 작게 발생되어 잔향시간 차이나 표준편차가 상대적으로 크게 발생하는 것으로 판단된다.

Fig. 4는 수음점 높이를 1.2 m로 한 경우의 잔향시간 측정결과를 나타낸 것이다. 수음점 높이가 1.2 m 인 경우의 음원 종류 및 높이별 잔향시간 차이는 수음점 높이 0.6 m의 경우에 비하여 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. Fig. 5는 수음점 높이 1.7 m에서의

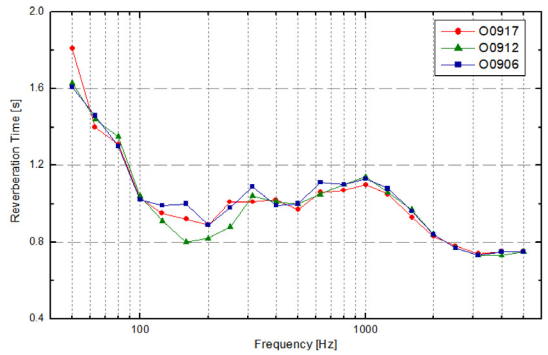


(a) Averaged reverberation time

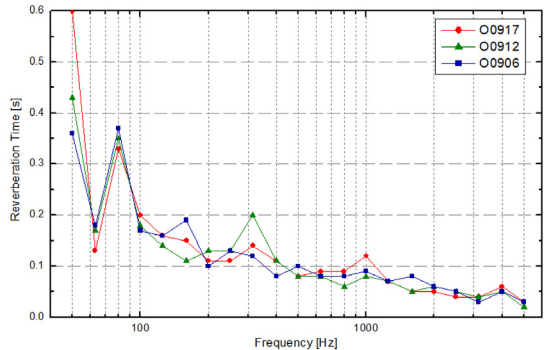


(b) Standard deviation of reverberation time

Fig. 5 Reverberation time measurement results at 1.7 m height receiving points



(a) Averaged reverberation time



(b) Standard deviation of reverberation time

Fig. 6 Reverberation time measurement results with omnidirectional loud-speaker at 0.9 m height (* 0917: speaker 0.9 m, microphone 1.7 m)

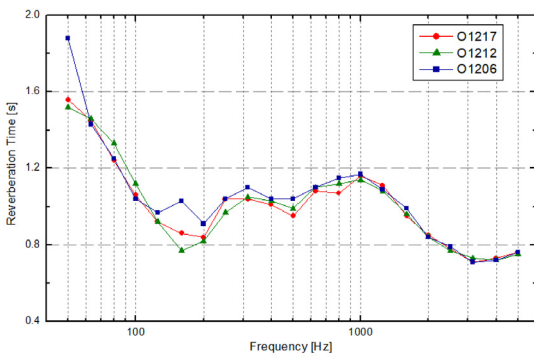
잔향시간 측정 결과를 나타낸 것이다. 수음점 높이 1.7 m 조건에서도 무지향성 스피커의 높이가 증가함에 따라 잔향시간은 짧아지는 경향성이 나타나고 있으며, 서브우퍼를 사용한 경우 가장 짧은 저주파수 대역 잔향시간을 갖는 것으로 나타났다.

음원의 종류 및 높이별 평균 잔향시간과 표준편차를 비교한 결과 무지향성 음원의 높이가 증가함에 따라 500 Hz 이하 주파수 대역의 잔향시간은 짧아지는 것으로 나타났으며, 100 Hz 이상 대역의 잔향시간 표준편차는 유사한 수준으로 나타났다. 거실 바닥에 설치한 반무지향성 스피커와 서브우퍼를 사용한 경우 잔향시간은 무지향성 스피커를 사용한 경우보다 짧게 나타났으며, 서브우퍼를 사용한 경우 100 Hz 이하 대역의 표준편차가 가장 작은 것으로 나타났다.

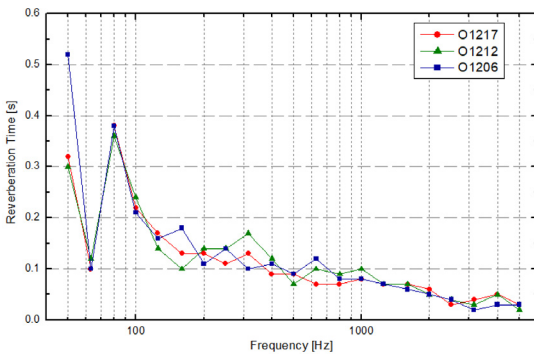
Fig. 6 ~ Fig. 10은 각 음원 조건별로 수음점 높이 별 잔향시간 변화를 나타낸 것이다. Fig. 6은 무지향성 스피커를 0.9 m 높이에 설치한 경우를 나타낸 것

이다. 수음점의 높이에 따라 125 Hz ~ 315 Hz 대역의 잔향시간 변화가 크게 나타났으며, 위 대역의 표준편차도 다른 주파수 대역에 비해 상대적으로 큰 것으로 나타났다. 80 Hz 이하 주파수 대역의 잔향시간은 다른 주파수 대역에 비해 상대적으로 길게 나타났으며, 표준편차도 매우 큰 것으로 나타났다. 무지향성 스피커의 경우 80 Hz 이하 대역의 발생 음압 레벨이 상대적으로 적어 충분한 음원 가진이 어려운 이유와 공간 내에서 저주파수 대역의 음압 분포가 불균일하기 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 7은 무지향성 스피커를 1.2 m 높이로 한 경우의 잔향시간 특성을 나타낸 것이다. Fig. 6과 같이 125 Hz ~ 315 Hz 대역의 잔향시간 변화가 상대적으로 큰 것으로 나타났다. 80 Hz 이하 저주파수 대역 잔향시간은 수음점의 높이를 1.2 m로 한 경우 가장 길게 나타났으며, 수음점의 높이가 0.6 m인 경우 50 Hz 대역의 잔향시간과 표준편차가 큰 것으로

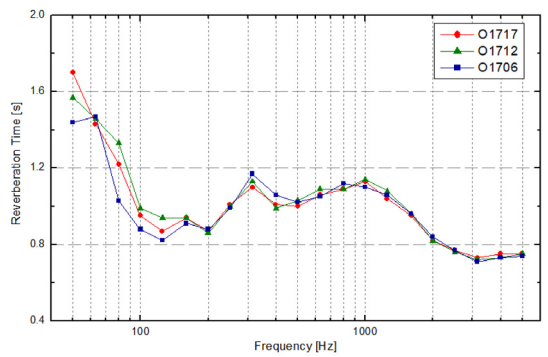


(a) Averaged reverberation time

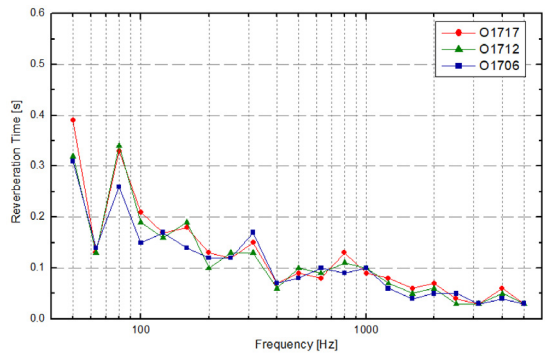


(b) Standard deviation of reverberation time

Fig. 7 Reverberation time measurement results with omnidirectional loud-speaker at 1.2 m height (* 1217: speaker 1.2 m, microphone 1.7 m)

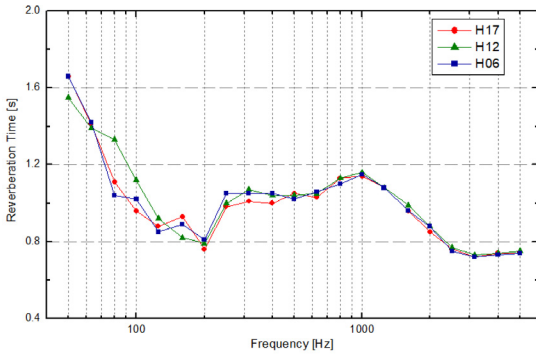


(a) Averaged reverberation time

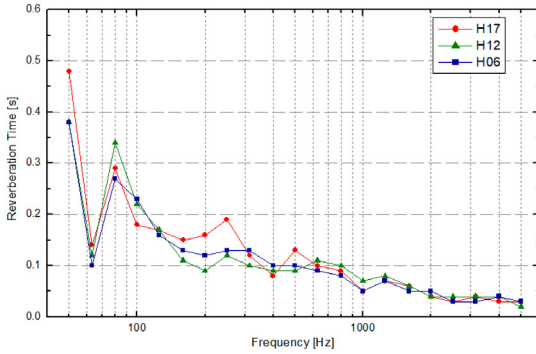


(b) Standard deviation of reverberation time

Fig. 8 Reverberation time measurement results with omnidirectional loud-speaker at 1.7 m height (* 1706: speaker 1.7 m, microphone 0.6 m)



(a) Averaged reverberation time



(b) Standard deviation of reverberation time

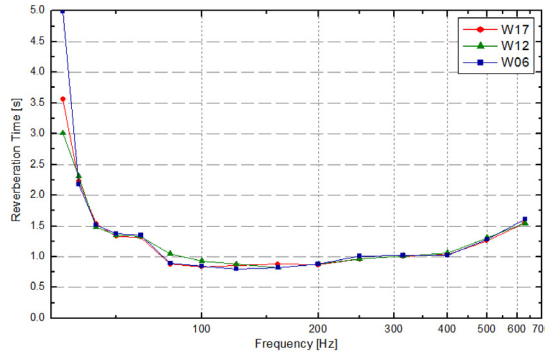
Fig. 9 Reverberation time measurement results with half-omnidirectional loud-speaker on the floor (* H17: Half-omni speaker, microphone 1.7 m)

나타났다. 이는 음원에서 발생하는 음압 레벨이 작은 이유와 함께 공간내 음압 분포가 불균일하기 때문으로 판단된다.

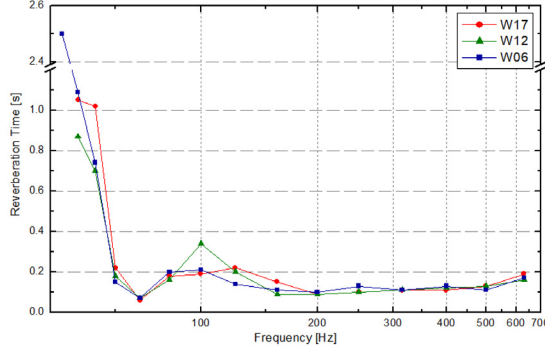
Fig. 8은 1.7 m 높이에 무지향성 음원을 설치한 경우의 잔향시간 측정 결과로 80 Hz ~ 125 Hz 대역의 잔향시간 차이가 크게 나타났으나 160 Hz 이상 주파수 대역의 수음점 높이별 잔향시간 차이와 표준 편차는 다른 무지향성 음원 높이에 비해 상대적으로 작은 것으로 판단된다. 경량충격음의 경우 100 Hz 이상 주파수 대역의 바닥충격음 레벨에 대하여 음장을 보정하므로 실제 바닥충격음 발생 특성과 음원별 수음점별 잔향시간 차이를 고려한다면 무지향성 스피커의 높이를 1.7 m로 하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

3.3 실험결과 - 음원 지향 특성

Fig. 9는 반무지향성 스피커를 바닥에 설치하여 측정된 잔향시간을 나타낸 것이다. 반무지향성 스피



(a) Averaged reverberation time



(b) Standard deviation of reverberation time

Fig. 10 Reverberation time measurement results with sub-woofer on the floor (* W17: Subwoofer, microphone 1.7 m)

커를 사용한 경우 160 Hz 이하 대역의 잔향시간은 수음점 높이에 따라 상대적으로 크게 변화되는 것으로 나타났다. 잔향시간의 표준편차의 경우 수음점의 높이가 1.7 m인 경우 250 Hz 이하 대역에서 크게 나타났으며, 모든 수음점 높이에서 100 Hz 이하 대역의 표준편차가 상대적으로 크게 나타났다. 반무지향성 스피커의 사양은 기본적으로 무지향성 스피커와 유사하며, 외관 형태가 반구형으로 제작되어 무지향성 스피커의 경우와 유사하게 저주파수 대역의 잔향시간이 큰 것으로 판단된다.

Fig. 10은 서브우퍼를 바닥에 배치하여 측정된 잔향시간 특성이다. 서브우퍼를 사용한 경우 40 Hz ~ 400 Hz 대역의 잔향시간이 평탄하게 분포하는 것으로 나타났으며, 수음점 높이에 따른 평균 잔향시간 변화도 매우 작은 것으로 나타났다.

서브우퍼를 사용하여 측정된 잔향시간의 표준편차는 40 Hz 이상 대역에서 일부 경우를 제외하고는 대

부분 0.2 s 이하 수준으로 나타났다. 25 Hz와 32 Hz 대역의 경우 잔향시간도 길고 표준편차도 상대적으로 크게 나타나는데, 이는 서브우퍼를 사용해도 해당 대역의 음압 레벨이 충분히 재생되지 않았기 때문으로 판단된다.

이전의 실험결과^(4,5)를 바탕으로 수음실 음장 보정을 실시할 경우 100 Hz ~ 300 Hz 대역 범위의 레벨 차이가 상대적으로 적게 감소되는 것으로 판단된다.

이는 잔향시간 측정시 음원의 위치에 따라 잔향시간이 변화되기 때문에 기존 방법대로 잔향 시간을 측정하여 음장 보정 방법에 적용하면 100 Hz ~ 300 Hz 대역의 보정값이 상대적으로 적게 반영되기 때문이다. 따라서 중량충격음 측정시 수음실 음장 보정 방법을 적용하기 위해서는 음원의 높이를 측정대상 공간의 천장에 가깝게 설치하여 측정하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

4. 결 론

공기 전달음과 바닥충격음 차단성을 측정하는 경우 수음실의 음장 상태에 따라 수음실의 음압 레벨이 변화된다. 이를 보정하기 위해 수음실의 잔향 시간을 측정하여 기준 잔향시간 또는 기준 등가흡음 면적을 계산하여 보정한다. 잔향시간은 측정 환경조건, 음원, 측정시 동특성 등 측정방법과 수음실의 음장 상태에 따라 변화되는 것으로 보고되었으며, 음장 보정 방법(표준화 음압 레벨, 규준화 음압 레벨)에 따라서도 보정되는 값이 다른 것으로 나타났다. 최근에는 고무공 충격음 레벨에 대해서도 수음실의 음장을 보정하는 절차가 표준화되었다. 고무공 충격음은 63 Hz 대역부터 측정하므로, 63 Hz 이하 대역의 잔향시간 측정 방법에 대한 검토가 필요하다.

이 연구에서는 공동주택과 유사한 주거 실험동 거실에서 무지향성 스피커, 반무지향성 스피커 및 서브우퍼를 사용하여 잔향시간을 측정하여 비교하였다. 이와 함께 무지향성 음원과 수음점 높이를 변화시켜 실제 바닥충격음이 발생하는 경우와 유사한 조건을 도출하였다.

500 Hz 이상 대역 잔향시간은 음원의 종류에 따른 차이가 크지 않은 것으로 나타났다. 500 Hz 이하 저주파수 대역의 잔향시간은 무지향성 음원의 높이를 증가시켰을 경우 짧아졌으며, 반무지향성 스피커를

바닥에 설치하여 측정한 경우 무지향성 스피커를 1.7 m 높이에 설치한 값과 유사한 것으로 나타났다. 무지향성 스피커와 반무지향성 스피커를 사용하여 잔향시간을 측정할 경우 80 Hz 이하 대역의 편차가 증가하는 것으로 나타났으며, 이는 무지향성 및 반무지향성 스피커에서 충분한 음압 레벨이 발생되지 못하기 때문으로 판단된다.

80 Hz 이하 저주파수 대역 잔향시간 측정을 위해 서브우퍼를 바닥에 설치하고 측정한 경우, 100 Hz 이하 대역의 잔향시간은 가장 짧게 나타났으며, 잔향시간 편차도 가장 작은 것으로 나타났다. 그러나 서브우퍼를 사용하여도 32 Hz 이하 대역의 잔향시간 편차가 급격히 증가하는 것으로 나타났으며, 이와 같은 현상도 서브우퍼를 사용하여도 32 Hz 이하 대역의 충분한 음압 레벨이 재생되지 않기 때문으로 판단된다.

이상의 결과에서 경량충격음 측정시 수음실 음장 보정을 위해서는 실제 경량충격음이 수음실로 전달되는 특성과 유사하도록 반무지향성 스피커를 사용하는 것이 적절한 것으로 나타났다. 그러나 반무지향성 스피커는 범용적으로 사용되는 장비가 아니므로, 무지향성 스피커의 높이를 약 1.7 m 높이로 하여 측정하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

고무공 충격음 레벨 음장 보정을 위한 잔향시간 측정의 경우 100 Hz 이하 저주파수 대역은 서브우퍼를 사용하는 것이 필요하다. 서브우퍼를 사용하는 경우 400 Hz 이상 대역의 잔향시간 측정결과는 정확하지 않은 것으로 나타나, 400 Hz 이상 대역에 대해서는 무지향성 스피커를 1.7 m 높이에 설치하고 측정하여 두가지 결과를 사용하는 것이 적절한 방법으로 판단된다.

References

- (1) KS F ISO 10140-2, 2016, Acoustics – Laboratory Measurement of Sound Insulation of Building Elements – Part 2: Measurement of Airborne Sound Insulation.
- (2) KS F ISO 10140-3, 2016, Acoustics – Laboratory Measurement of Sound Insulation of Building Element – Part 3: Measurement of Impact Sound Insulation.
- (3) KS F ISO 16032, 2016, Measurement of Sound Pressure Level from Service Equipment in Buildings –

Engineering Method.

(4) Jeong, J. H., Kim, J. U. and Jeong, J. G., 2013, Floor Impact Sound Pressure Level Characteristics by the Change of Reverberation Time in a Reverberation Chamber, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 23, No. 3, pp. 274~281.

(5) Jeong, J. H., Lee, B. K., Yeon, J. O. and Jeon, J. Y., 2014, Floor Impact Sound Pressure Level Characteristics by the Change of Reverberation Time in Mock-up Test Rooms, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 24, No. 4, pp. 339~347.

(6) Oh, Y. K., Joo, J. S., Jung, K. Y. and Kim, S. W., 2001, Measurement of the Reverberation Time of Rooms with Reference to Other Acoustical Parameters, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 392~396.

(7) Oh, Y. K., Joo, J. S., Jung, K. Y. and Kim, S. W., 2001, Measurement of the Reverberation Time of Rooms with Reference to Other Acoustical Parameters, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 230~233.

(8) Shin, S. H., Ih, J. G. and Kang, H. J., 2001, Effect of the Measurement Error of Reverberation Time on the STL, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 1099~1103.

(9) Park, C. Y., Hong, G. P., Kim, S. H. and Jang, D. W., 2007, Analysis of the Reverberation Time in the Normalized Impact Sound Pressure Level, Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp. 922~925.

(10) Lee, J. W., Hong, B. K., Lee, D. H. and Kwon, Y. P., 2004, Analysis of the Deviation Factor in a Reverberation Time to Measuring the Normalized Impact Sound Pressure Level, Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp. 509~512.

(11) Lee, J. W. and Kwon, Y. P., 2006, Effect of the Measuring Method of Reverberation Time Using Impulse Response Method on the Normalized Impact Sound Pressure Level, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 16, No. 1, pp. 34~39.

(12) Song, G. G., Lee, C. S. and Kim, Y. H., 2014, Effects of Environmental Conditions on Uncertainty of Reverberation Time, Proceedings of the KSNVE Annual

Spring Conference, pp. 439~440.

(13) Lee, B. K. and Kim, M. J., 2005, Field Measurement of the Reverberation Time in Occupied and Unoccupied Apartment Houses, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 654~657.

(14) Kim, M. J. and Lee, B. K., 2006, Field Measurement and Evaluation of the Reverberation Time in Residential Buildings, J. Korean Soc. Living. Environ, Sys. Vol. 13, No 3, pp. 213~221.

(15) Kim, J. H., Jeon, J. Y., Jeong, J. H. and Lee, B. K., 2013, Uncertainty Evaluation of Reverberation Time at Low Frequency in a Residential Building, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 298~299.

(16) Jung, J. Y., Cho, H. M., Shin, H. K. and Kim, M. J., 2013, An Experimental Study on the Subjective Response Evaluation of the Perception Time Difference, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 844~845.

(17) Kim, J. H. and Jeon, J. Y., 2013, Effect of Temporal Decay on Perception of Heavy-weight Floor Impact Sounds, Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 134, No. 4, pp. 2730~2738.

(18) Schwenwald, S., Zeitler, B. and Nightingale, T., 2010, Influence of Receive Room Properties on Impact Sound Pressure Level Measured with Heavy Impact Sources, 1st EAA - EuroRegio 2010 Congress on Sound and Vibration.

(19) KS F ISO 16283-2, 2017, Acoustics – Field Measurement of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements – Part 2: Impact Sound Insulations.



Jeong-Ho Jeong is currently a senior researcher at Fire Insurers Laboratories of Korea (FILK). He received his MS and Ph. D degree in architectural engineering from Hanyang University, Korea. His research interests include standardization in building acoustics field. Also, he has interest on the sound localization research for AES (Acoustic Evacuation Signal).