

공동주택 내부 공간의 잔향시간 특성 조사 연구

A Study on the Reverberation Time Characteristics of Inside Space of Apartment Buildings

정 정 호† · 이 병 권* · 전 진 용**

Jeong Ho Jeong, Byung Kwon Lee and Jin Yong Jeon

(Received March 6, 2015 ; Revised April 2, 2015 ; Accepted April 12, 2015)

Key Words : Sound Field(음장), Reverberation Time(잔향 시간), Correction Method(보정방법)

ABSTRACT

In this study, the reverberation time of apartment living room was measured and distribution of the reverberation time was analyzed. In addition, sound field characteristics of mock-up test room similar with living room and timber structured bedroom was investigated with addition of furniture and sound absorption material. Average reverberation time of unfurnished apartment unit was 1.11 s, and reverberation time in 630 Hz~2000 Hz bands were longer than 1.2 s. It was found that from the field measurement results, reverberation time characteristic of furnished apartment living room was uniform in most of frequency bands. Averaged reverberation time of furnished living room was 0.48 s and the reverberation time of bedroom was 0.44 s. Standardized sound pressure level correction values were calculated from the average reverberation time of furnished and unfurnished apartment units. The correction value of unfurnished living room was -3.4 dB and that of furnished living room was 0.2 dB. Measured reverberation time of furnished and unfurnished apartment units indicated that reference reverberation time; 0.5 s, in KS and ISO standards is reasonable also in Korean residential environment.

1. 서 론

최근 공동주택의 층간소음 및 세대간 경계벽의 차음성과 같은 음향성능에 사회적으로도 많은 관심이 집중되고 있다. 이와 관련된 민원 및 분쟁도 지속적으로 발생하고 있다. 건축물 및 건물 부재 관련 성능 평가 방법에 대한 관심도 지속되고 있다.

공기 전달음 차단성능과 경량 충격음 차단성능을

측정하는 경우 수음실의 측정값은 해당공간의 잔향 시간 및 흡음력과 같은 음향 특성에 영향을 받게 된다. 이를 보정하기 위해 잔향시간과 흡음력을 기반으로 하는 표준화 및 규준화 음압 레벨^(1,2)을 사용하고 있다. 중량 충격음 차단성능의 경우 수음실의 음장 조건에 따라 중량 충격원에 의해 발생하는 최대 음압레벨도 차이가 발생하는 것으로 알려져 있다⁽³⁾.

공동주택 및 소규모 공간에서 잔향시간 측정결과와 음원위치, 수음점 높이, 샘플링 시간 및 음압레

† Corresponding Author ; Member, Fire Safety & Building Environment System Research Team, Fire Insurers Laboratories of Korea
E-mail : jhjeong@kfpa.or.kr
Tel : +82-31-887-6737, Fax : +82-31-887-6739

* Member, Hanyang University, Technology Research & Development Institute, DAELIM and Architectural Engineering

** Member, Architectural Engineering, Hanyang University

‡ Recommended by Editor Myung Jun Kim

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

벨 등에 의해 변화되는 것으로 나타났다⁽⁴⁾. 공기 전달음 차단성능에 잔향시간이 미치는 영향을 조사한 결과 최대 3 dB 차이가 발생할 수 있는 것으로 보고되었다⁽⁵⁾. 김명준 등^(6,7)은 입주 전, 후 주거공간의 잔향시간을 측정된 결과 입주 전의 평균 잔향시간은 1.2 s, 입주 후 주거공간의 평균 잔향시간은 0.3 s~0.5 s 수준이며, 공기 전달음 차단성능 평가량에 영향을 미치는 영향을 연구하였다. César etc.⁽⁸⁾의 연구결과 중량 구조의 스페인 주택의 입주 전, 후 거실, 침실의 잔향시간을 측정된 결과 거실과 침실 잔향시간이 유사하며, 주파수 대역별로 평탄한 특성을 갖는 것으로 나타났다. 영국 주택 거실의 잔향시간 측정결과⁽⁹⁾에서도 주파수 대역별로 평탄한 잔향시간 특성을 갖는 것으로 나타났으며, 1000 Hz 대역의 잔향시간 0.5 s를 기준으로 고주파 대역은 짧고 저주파 대역은 다소 긴 특성을 갖는 것으로 나타났다. 영국 BRE(Building Research Establishment)의 30년에 걸친 잔향시간 측정 데이터의 분석결과⁽¹⁰⁾ 가구가 배치된 영국 주택 거실의 잔향시간은 점점 짧아져 1980년대의 경우 모든 주파수 대역에서 0.4 s 이하로 나타났다.

박철용 등⁽¹¹⁾은 입주 전 공동주택의 경량 충격음 평가 시 잔향시간 영향에 대한 연구를 수행하여, 잔향시간에 따라 음장보정 값에 차이가 나타남을 보고하였다. 이주원 등⁽¹²⁾은 규준화 바닥 충격음 레벨 측정 시 잔향시간 편차 요인으로 잔향시간의 공간분포, 음원 종류, 계측기의 동특성 등이 미치는 영향을 조사하였다. 이주원 등⁽¹³⁾은 잔향시간 측정 시 계측기의 동특성(시정수)은 10 ms~35 ms로 설정하는 것을 권장하였다. 또한 800 Hz 이하 주파수 대역에서는 잔향시간 측정 위치에 의한 편차가 발생되지만 규준화 바닥 충격음 레벨이 미치는 영향은 작은 것으로 보고하였다. 오양기 등⁽¹⁴⁾은 경량 충격음 측정, 평가 시 사용되고 있는 규준화 바닥 충격음 레벨은 등가 흡음면적 산정을 위한 용적 계산 방법에 따라 편차가 발생하는 것을 보고하였다. 또한 표준화 바닥 충격음 레벨의 경우도 우리나라 공동주택 거실의 잔향시간 보다 짧은 기준 잔향시간을 적용하여 실제 환경에서 들리는 층간소음을 측정, 평가하지 못하고 있다고 보고하였다.

주문기 등⁽¹⁵⁾은 중량 충격음 현장 측정 시 편차 발생은 시공상의 문제와 측정 위치 등의 요인에 의

한 것으로 보고하였다. 정정호 등은 수음실의 잔향시간 변화가 중량 충격음 레벨에 미치는 영향을 잔향실과 같은 실험실⁽¹⁶⁾ 및 실제 주거 환경과 유사한 주거 실험실⁽¹⁷⁾을 대상으로 조사하여, 중량 충격음 측정, 평가에도 수음실 음장 보정이 필요함을 보고하였다.

공동주택 거실의 음장 특성은 흡음력과 잔향시간에 의해 표현되지만 실제 가구 배치의 변화에 따른 잔향시간, 음압 레벨 분포 및 중량 충격음 레벨 변화에 대한 연구는 부족한 실정이다.

이 연구에서는 입주 전·후 공동주택 거실의 잔향시간을 측정하여 우리나라 공동주택 내부 공간의 잔향시간 분포를 조사하였다. 또한 주거 환경 시험동 거실과 목조주택 침실을 대상으로 가구류와 흡음재를 변화시켜 잔향시간 변화를 조사하였다. 이를 통해 KS 표준 등에 실 사용조건을 대표하도록 규정되어 있는 기준 잔향시간 0.5 s에 대한 적정성을 검토하고자 한다.

2. 공동주택 잔향시간 분포

2.1 입주 전 공동주택 거실

입주 전 공동주택의 잔향시간 조사를 위해 약 150 세대 거실의 잔향시간 측정결과를 분석하였다. 잔향시간 측정 대상 공동주택의 거실의 용적 및 면적(공동주택 바닥충격음 차단구조인정 및 관리기준의 용적 계산 방법을 적용)은 약 23 m³~130 m³, 9.7 m²~54 m²의 범위를 갖는 것으로 나타났다. 공동주택 거실의 표면 마감은 바닥의 경우 마루, 천장은 석고보드에 벽지 마감으로 되어있으며, 벽체의 경우 벽지 마감과 함께 대리석 또는 아트 월로로 구성된다.

입주 전 공동주택의 경우 마감 및 청소 공정에 따라 바닥 마감재를 보호하기 위한 보호 종이 설치된 경우와 설치하지 않은 경우가 있다(Fig. 1 참고). 보호 종이는 일반적인 골판지 또는 포장지로 거실의 잔향시간 측정결과에 영향을 줄 수 있어 보양지 유무에 따른 잔향시간 차이를 비교하였다. Fig. 2는 보호 종이 설치되지 않은 경우이며, Fig. 3은 보호 종이 설치된 경우의 잔향시간 측정결과를 나타낸 것이다.

Figs. 2, 3의 실선은 평균 잔향시간을 나타낸 것이며, 회색으로 표시한 부분은 각 주파수 대역별 잔향



(a) Without protective paper



(b) With protective paper

Fig. 1 Measured unfurnished living rooms

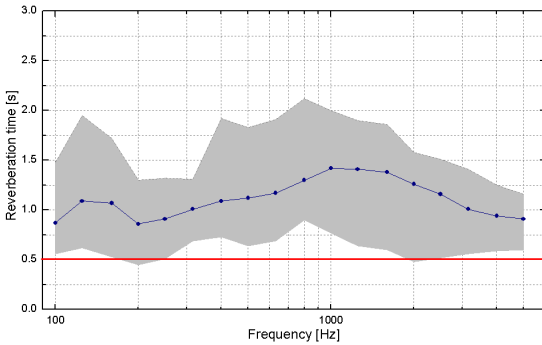


Fig. 2 Reverberation time of unfurnished living rooms

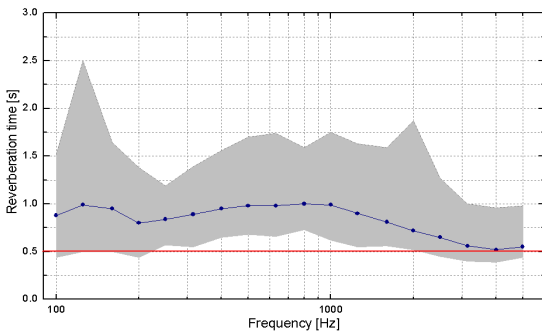


Fig. 3 Reverberation time of unfurnished living rooms with floor protective paper

시간 분포를 나타낸 것이다. 바닥 마감재 보호 종이 가 없는 경우는 1000 Hz 대역에서 약 1.4 s, 보호 종이 설치된 경우는 1000 Hz 대역에서 약 1.0 s의 잔향시간을 갖는 것으로 나타났다. 보호 종이 설치되지 않은 경우의 잔향시간이 평균 0.28 s 높게 나타났다으며, 630 Hz 이상 대역의 잔향시간 차이가 약 0.2 s 이상으로 나타났다. 보호 종이 공동주택 거실의 잔향시간이 미치는 영향은 중고주파 대역에 주요한 것으로 판단된다. 바닥 마감재 보호 종이 유무에 따라 잔향시간 특성 차이가 발생하지만 입주 전 공동주택 거실의 잔향시간은 KS 및 ISO 표준에서 제시하고 있는 기준 잔향시간인 0.5 s 보다는 길게 나타났다. 스페인의 입주전 공동주택의 경우⁽⁸⁾에도 평균잔향시간이 0.7 s~1.5 s 범위로 나타나 유사한 결과를 갖는 것으로 나타났다.

잔향시간은 이론적으로 측정대상 공간의 용적에 비례하고 흡음력에 반비례하게 된다. 입주 전 공동

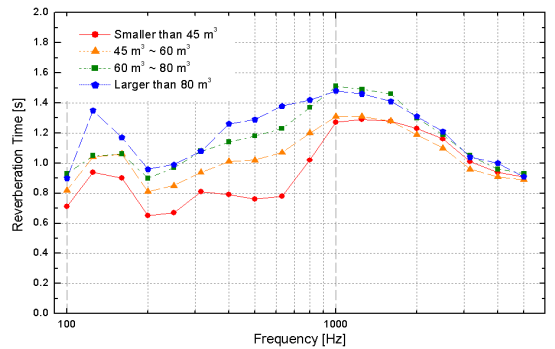


Fig. 4 Reverberation time change with room volume in unfurnished living rooms

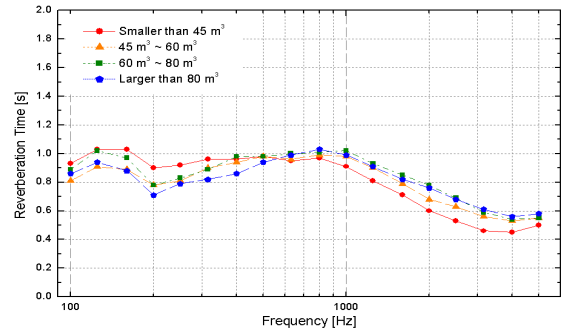


Fig. 5 Reverberation time change with room volume in unfurnished living rooms with floor protective paper

주택 거실의 잔향시간 측정결과를 용적별로 분류(45 m^3 이하, $45 \text{ m}^3 \sim 60 \text{ m}^3$, $60 \text{ m}^3 \sim 80 \text{ m}^3$ 및 80 m^3 이상)하여 Figs. 4, 5에 비교하였다. Fig. 4는 바닥 마감 보호 종이 설치되지 않은 거실의 용적별 잔향시간 분포(평균값)를 나타낸 것이다. Fig. 4에서와 같이 입주 전의 빈 거실의 잔향시간은 용적이 비례하여 증가하는 특성을 갖는 것으로 나타났다. 45 m^3 이하 거실의 평균 잔향시간도 모든 주파수 대역에서 0.6 s 이상으로 나타났으며, 800 Hz 이상 주파수 대역의 경우 1.0 s 이상의 잔향시간을 갖는 것으로 나타났다. 60 m^3 이상 용적을 갖는 거실의 잔향시간은 일부 주파수 대역을 제외하고는 1.0 s 이상으로 나타났다. 바닥 마감재 보호 종이 설치된 조건의 용적별 잔향시간 특성은 Fig. 5에서와 같이 바닥 마감재 보호 종이에 의한 흡음으로 인해 용적 증가에 따른 특성이 나타나지 않고 있다. 마감재 보호 종이 설치된 경우의 잔향시간도 대부분의 경우 1600 Hz 이하 대역에서 0.8 s 수준으로 기준 잔향시간 보다 길게 나타났다. 거실의 용적이 45 m^3 이하인 경우 2500 Hz 이상 주파수 대역에서만 0.5 s 수준으로 나타났다.

2.2 실제 거주 공간

실제 거주자가 생활하고 있는 공동주택 거실 및 침실의 잔향시간을 측정하였다(Fig. 6 참고). 실제 거주자가 살고 있는 거실의 잔향시간은 Fig. 7에서와 같이 6개소를 측정하였다. 2개소는 실제 거주자가 거주하고 있는 세대였으며, 3개소는 실제 거주

상태와 유사하게 가구, 가전제품 등이 설치된 모델 하우스를 대상으로 하였다. 측정대상 거실의 용적은 $50 \text{ m}^3 \sim 80 \text{ m}^3$ 범위였다. 거실의 잔향시간 측정과 함께 실 거주상태의 침실 및 방의 잔향시간도 측정하여 Fig. 8에 나타내었다.

실제 거주자가 거주하는 거실의 잔향시간 측정결과는 Fig. 7과 같다. 측정대상 거실의 용적 및 크기는 서로 달랐으나, 잔향시간 측정결과 대부분의 주파수 대역에서 $0.45 \text{ s} \sim 0.6 \text{ s}$ 의 범위에 분포되는 것으로 나타났다. 측정대상 거실의 용적에 따른 잔향시간 변화는 나타나지 않았으며, 1000 Hz 이상 대역에서 잔향시간 변화는 바닥의 카펫, 가구 등의 흡음 성능 차이에 의한 것으로 판단된다. 이전의 연구결과⁽⁶⁻¹⁰⁾에서도 입주후 공동주택 거실의 잔향시간은 유사한 범위로 나타났다.

Fig. 8은 침실 및 방의 잔향시간 측정결과를 나타낸 것이다. 침실 및 방의 잔향시간은 주파수 대역별로 $0.3 \text{ s} \sim 0.6 \text{ s}$ 의 범위를 갖는 것으로 나타났다. 침실

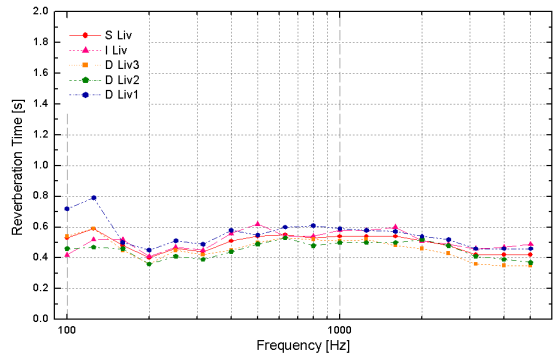


Fig. 7 Reverberation time in fully furnished living-room



Fig. 6 Measured fully furnished living rooms and bedroom

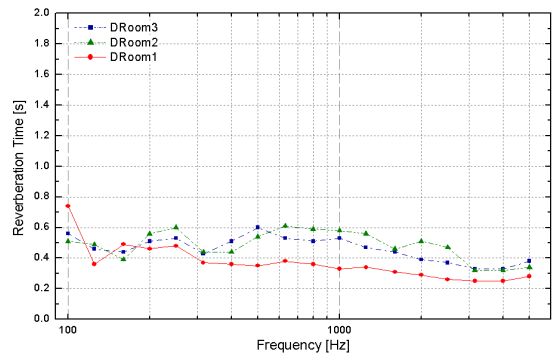


Fig. 8 Reverberation time in fully furnished bedroom

2, 3은 모델하우스의 침실에서 측정된 것으로 실제 거주하고 있는 조건인 침실 1에 비해 가구 등의 배치가 다소 적어 잔향시간이 길게 나타난 것으로 판단된다.

Fig. 9는 실제 거주 세대와 입주 전 세대의 거실과 침실의 잔향시간 측정결과의 평균을 비교하여 나타낸 것이다. 실제 거주 세대의 거실의 경우 주파수 대역별로 평탄한 잔향시간 특성을 갖는 것으로 나타났으며, 주파수 대역별 평균 잔향시간은 0.48 s, 표준편차는 0.05 s로 나타났다. 침실의 잔향시간 특성은 1000 Hz 이상 대역에서 짧아지는 특성을 갖는 것으로 나타났다. 실제 거주 세대 침실의 주파수 대역별 평균 잔향시간은 0.44 s, 표준편차는 0.08 s로 나타났다.

입주 전 세대 거실의 주파수 대역별 평균 잔향시간은 바닥 마감재 보호 종이 설치되지 않은 경우 1.11 s, 바닥 마감재 보호 종이 설치된 경우 0.83 s로 나타났다. 실제 거주 세대의 잔향시간 주파수 특성과 비교해 주파수 대역별 차이가 크게 나타났다.

실제 거주 세대의 잔향시간은 실내에 설치되는 카펫, 커튼과 같은 직물 및 소파, 탁자 등 가구에 의한 흡음으로 평균 잔향시간 0.5 s 수준의 주파수 대역별로 평탄한 주파수 특성을 갖는 것으로 나타났다.

3. 잔향시간 변화

실제 거주 세대와 입주 전 세대의 잔향시간 특성 비교를 위해 공동주택과 유사한 형태의 주거 환경 시험동의 거실과 목구조 주택의 침실을 대상으로 소파 등 가구류와 커튼과 같은 흡음재를 단계적으로

적용하여 잔향시간을 측정하였다.

3.1 거실 잔향시간 변화

가구류와 커튼과 같은 흡음재에 의한 거실 잔향시간 변화는 공동주택과 동일하게 건설된 주거환경 시험실의 거실에서 측정하였다. 이를 위해 직물로 마감된 소파, 거실 커튼과 유사한 형태의 흡음재를 단계적으로 Fig. 10과 같이 변화시켰다. 단계적 음장 변화에 따른 잔향시간 측정결과는 Fig. 11에 나타내었다.

가구류 등이 설치되지 않은 거실의 잔향시간은 Fig. 9의 입주 전 잔향시간과 유사한 주파수 특성을 갖는 것으로 나타났다. 에어컨 등 가전기기 전시 패널 등의 영향으로 700 Hz 이상 대역에서는 입주 전 잔향시간 평균치보다 다소 짧은 잔향시간을 갖는 것



Fig. 10 Sound field variation with furniture and sound absorbers in livingroom

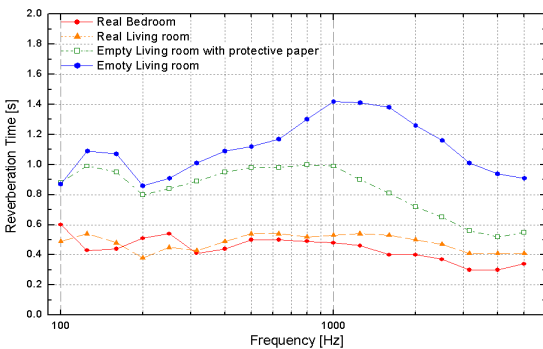


Fig. 9 Averaged reverberation time in apartment unit

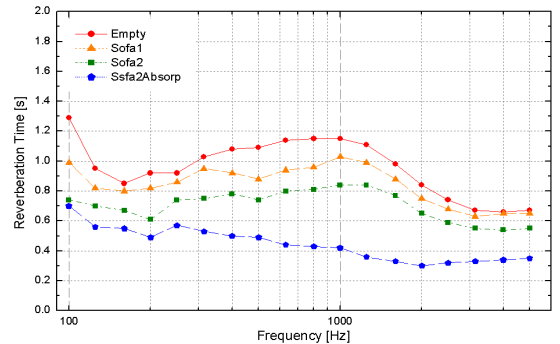


Fig. 11 Reverberation time change with furnitures and sound absorbers

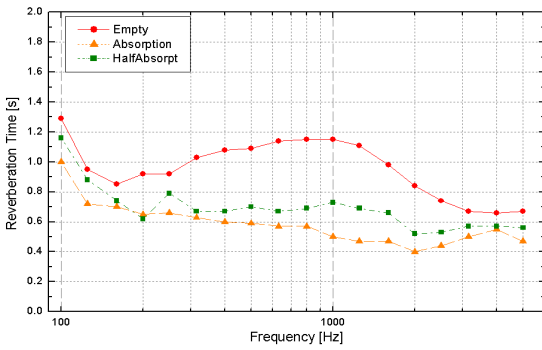


Fig. 12 Reverberation time change with sound absorbers



Fig. 13 Sound field variation with furniture in timber framed bedroom

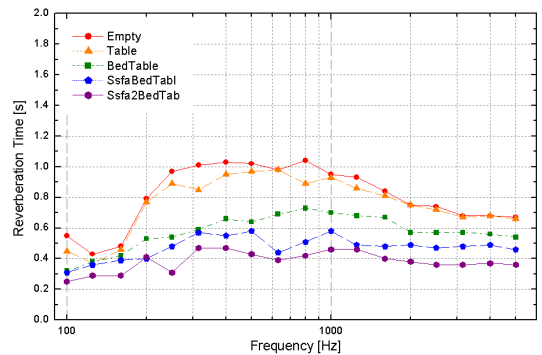


Fig. 14 Reverberation time change with sound absorbers in timber framed bedroom

으로 나타났다. 소파 설치에 의해 대부분의 주파수 대역에서 잔향시간이 감소되는 것으로 나타났다. 소파와 같은 가구류와 함께 발코니 창호 부분에 흡음

재를 커튼과 유사한 형태로 설치한 경우 대부분의 주파수 대역에서 0.5 s 이하의 잔향시간을 갖는 것으로 나타났다.

주파수 대역별 평균 잔향시간은 빈 거실의 경우 0.96 s, 소파설치에 의해 0.84 s, 0.70 s로 변화되었으면, 소파와 흡음재를 설치한 경우 0.44 s로 나타났다. Fig. 12는 동일한 거실에서 흡음재만으로 음장을 변화시킨 경우의 잔향시간 변화를 나타낸 것이다. Fig. 12에서 흡음재 적용은 Fig. 11의 흡음재와 소파를 적용한 조건에서 소파를 제거한 경우로 흡음재의 양을 단계적으로 변화시켜 측정된 결과이다. 소파의 유무에 의해 전체 주파수 대역의 잔향시간이 변화되었으나, 특히 200 Hz 이상부터 3150 Hz 이하 대역의 잔향시간 변화가 크게 나타났다. 이는 소파와 같은 가구류의 회절에 의한 흡음 효과로 판단된다.

3.2 침실 잔향시간 변화

침실의 잔향시간 특성을 조사하기 위하여 목구조 주택의 침실을 대상으로 책상, 침대 및 소파 등의 가구 배치를 변화시키면서 잔향시간을 측정하였다. Fig. 13은 단계적인 가구류 배치에 의한 침실 음장 변화를 나타낸 것이다.

가구류가 없는 조건의 침실 잔향시간의 평균은 0.81 s로 나타났다. 책상이 설치된 경우 2000 Hz 이하 대역을 위주로 평균 잔향시간은 0.76 s로 감소되었다. 침대가 추가된 경우 모든 주파수 대역에서 잔향시간이 감소되었으며, 평균 잔향시간도 0.58 s로 감소되었다. 이는 침대의 매트리스 및 침구류와 회절에 의한 흡음에 의한 것으로 판단된다. 책상, 침대에 추가로 소파를 단계적으로 설치한 경우 평균 잔향시간은 0.47 s, 0.38 s로 변화되었다. 침대, 소파를 적용한 경우 주파수 특성도 점점 평탄하게 변화되는 것으로 나타났다.

4. 잔향시간 변화와 바닥충격음 영향

건축음향 분야에서 건축물 또는 건축 부재의 공기 전달음 및 바닥 충격음 차단성능을 측정하는 경우 수음실의 음장을 보정하는 절차가 표준화 되어있다. 음장보정 절차는 측정 대상 공간의 잔향시간을 기준 잔향시간과 비교하여 보정하는 표준화방법과 측정된 잔향시간을 등가흡음면적으로 환산하여 보정

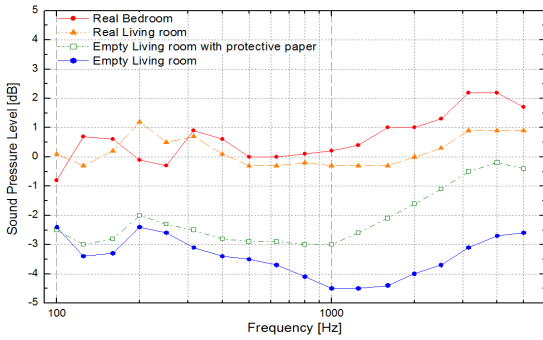


Fig. 15 Calculated standardized sound pressure level correction value

하는 표준화 방법이 있다. 수음실 음장 보정에 의해 최종 단일 수치 평가량이 변화되어, 수음실 음장 보정 방법에 대한 검토가 필요하다.

입주 전·후의 평균 잔향시간으로 표준화 음압 레벨 산출 절차에 따른 보정 값을 계산한 결과, Fig. 15에서와 같이 입주 전 공동주택의 경우 평균 -3.4 dB로 나타났으며, 입주 후 거실의 잔향시간 평균치에 대한 보정값은 평균 0.2 dB로 나타났다.

5. 결 론

이 연구에서는 입주 전·후 공동주택 거실의 잔향시간을 측정하여 우리나라 공동주택의 잔향시간 분포를 조사하였다. 또한 주거 환경 시험동 거실과 목조주택 침실을 대상으로 가구류와 흡음재를 변화시켜 잔향시간 변화를 조사하였다.

입주 전 공동주택 거실의 잔향시간은 용적 및 형태에 따라 변화되는 것으로 나타났다. 입주 전의 가구류 및 커튼 등이 설치되지 않은 조건의 공동주택 거실의 잔향시간 특성은 대부분의 주파수 대역에서 1 s 이상으로 나타났다. 평균 잔향시간은 1.11 s로 630 Hz~2000 Hz 대역의 잔향시간이 1.2 s 이상으로 나타났다. 입주 전의 바닥 마감재 보호를 위한 종이 가 설치된 경우 잔향시간은 0.83 s로 나타났다.

실제 입주자가 거주하고 있는 공동주택의 거실 및 침실 잔향시간 측정결과 주파수 대역별로 평탄한 특성을 갖는 것으로 나타났으며, 거실의 평균 잔향시간은 0.48 s 침실은 0.44 s로 나타났다.

가구류 및 흡음재를 이용한 음장 변화 실험결과 소파, 침대 등의 가구류에 의해 저주파수 대역의 잔

향시간이 감소하고 주파수 특성도 평탄하게 되는 것으로 나타났다.

이 논문에서는 측정한 실제 거주 조건의 측정 결과를 바탕으로 우리나라 공동주택 내부 공간의 잔향시간 특성을 조사하였다. 실제 거주 조건을 대표하는 기준 잔향시간으로 KS 및 ISO 표준에서 규정하고 있는 모든 주파수 대역별 0.5 s의 잔향시간은 적절한 것으로 나타났다. 향후 다양한 평면 및 크기를 갖는 공동주택에 대한 실제 거주 조건 측정을 통한 확인도 필요한 것으로 판단된다.

후 기

이 논문은 산업통상자원부 국가표준기술력향상사업(과제번호 10040807)과 국토교통부 주거환경연구사업(과제번호 14RERP-B082204-01)의 연구비지원에 의해 수행되었습니다.

References

- (1) ISO 10140-2:2010 Acoustics - Laboratory Measurement of Sound Insulation of Building Elements - Part 2: Measurement of Airborne Sound Insulation.
- (2) ISO 10140-3:2010 Acoustics - Laboratory Measurement of Sound Insulation of Building Elements - Part 3: Measurement of Impact Sound Insulation.
- (3) 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.
- (4) Lee, B. K. and Kim, M. J., 2006, Analysis of the Factors Affecting Reverberation Time in Small Room, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, KSNVE06A-15-01.
- (5) Shin, S. W, Ih, J. G. and Kang, H. J., 2001, Effect of the Measurement Error of Reverberation Time on the STL, Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp. 1099~1103.
- (6) 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.
- (7) Lee, B. K. and Kim, M. J., 2005, Field

Measurement of the Reverberation Time in Occupied and Unoccupied Apartment House, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 654~657.

(8) César Díaz and Antonio Pedrero, 2005, The Reverberation Time of Furnished Rooms in Dwellings, Applied Acoustics, 66, pp. 945~956.

(9) Jackson, G. M. and Leventhall, H. G., 1972, The Acoustics of Domestic Rooms, Applied Acoustics, 5, pp. 265~277.

(10) Burgess, M. A. and Utley, W. A., 1985, Reverberation Times in British Living Rooms, Applied Acoustics, 18, pp. 369~380.

(11) 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.

(12) 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.

(13) 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 Sound and Vibration Engineering, Vol. 16, No. 1, pp. 34~39.

(14) Oh, Y. K., Park, B. Y. and Chu, M. K., 2014, Problems of Normalized Impact Sound Pressure Level in the Accreditation Scheme and An Alternative, Journal of KIAEBS, Vol. 7, No. 4, pp. 136~142.

(15) Joo, M. K. and Oh, Y. K., 2013, A Study on the Uncertainty Factor in the Field Measurement of Heavy-Weight Floor Impact Noise, Journal of KIAEBS Vol. 7, No. 4, pp. 251~256.

(16) 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 Sound and Vibration Engineering, Vol. 23, No. 3, pp. 274~281.

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



Jeong Ho Jeong is currently a senior researcher at Fire Insurers Laboratories of Korea(FILK). He received his M.S. 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).



Byung Kwon Lee received the B.S., M.S. degree in architectural engineering of Hanyang university in 2001, 2003, respectively. He is currently working as the senior researcher in Daelim Industrial Co., Ltd. His researches are mainly focused on the office acoustics and floor impact noise.



Jin Yong Jeon is a professor of Architectural Engineering at the Architectural Acoustics Laboratory, Hanyang University. His main research interests are in the fields of architectural acoustics, noise, vibration and soundscape. He is also an Associate Editor of the international journal on acoustics, "Acta Acustica united with Acustica."