

# 수음실 잔향 시간변화에 따른 바닥충격음레벨 특성 - 잔향실을 중심으로 -

## Floor Impact Sound Pressure Level Characteristics by the Change of Reverberation Time in a Reverberation Chamber

정 정 호<sup>†</sup> · 김 정 욱<sup>\*</sup> · 정 재 군<sup>\*</sup>

Jeong Ho Jeong, Jeong Uk Kim and Jae Gun Jeong

(Received January 17, 2013 ; Revised February 26, 2013 ; Accepted February 26, 2013)

**Key Words** : Sound Field(음장), Floor Impact Sound(바닥충격음), Reverberation Time(잔향 시간), Room Volume(실용적), Correction Method(보정방법), Heavy/soft Impact Source(중량 충격원)

### ABSTRACT

Field measurement method of heavy/soft impact sound pressure level which is regulated in JIS and ISO has been using in Korea, Japan and Canada. It is reported that heavy/soft impact sound pressure level was varied by the sound field condition of receiving room such as sound absorption power and room volume. In this study, it is checked that heavy/soft impact sound pressure level was affected by the receiving sound field condition. Rubber ball and bang machine sound pressure level was measured in the vertically connected reverberation chamber. In order to check the effect of receiving sound field on heavy/soft impact sound pressure, sound absorption power was changed with polyester sound absorption blankets with air space and glass wool. The reverberation time at 1 kHz band was changed from 10 s to 0.2 s by sound absorption material. Rubber ball sound pressure level measured without sound absorption material was 58 dB in  $L_{i,Fmax,AW}$ , but the level was 46 dB with sound absorption treatment. From this result, it is confirmed that sound field correction method is needed in the heavy/soft impact sound pressure level measurement method using bang machine and rubber ball.

### 1. 서 론

최근 주택보급률 증가 및 부동산 경기 침체로 신규 공동주택에 대한 관심은 증가하지 않고 있지만 공동주택 입주자의 공동주택 품질에 대한 관심 및 각종 환경 관련 민원은 증가하고 있다. 특히 바닥충격음 및 공기 전달음과 관련된 민원은 지속적으로

제기되고 있으며 법정 소송도 증가하고 있는 것으로 알려져 있다. 이와 같은 배경에서 최근 바닥충격음 분쟁과 관련된 현장에서의 바닥충격음 측정도 증가하고 있다. 법정 소송이나 민원의 진행과정에서 감정 시험 및 현장 성능 평가 등이 수행되는 경우 시험 결과의 여부에 따라 민원인의 이해관계가 뒤바뀔 수도 있다. 따라서, 바닥충격음 측정 결과에 대한 신뢰성을 증가시키기 위한 노력이 필요하다.

<sup>†</sup> Corresponding Author ; Member, Building Materials & Environment Team, Fire Insurers Laboratories of Korea  
E-mail : jhjeong@kfpa.or.kr  
Tel : +82-31-887-6693, Fax : +82-31-887-6739  
<sup>\*</sup> Building Materials & Environment Team, Fire Insurers Laboratories of Korea

<sup>‡</sup> Recommended by Editor Myung Jun Kim

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

바닥충격음 측정 방법 및 조건에 대한 연구에 있어 손철봉 등<sup>(1)</sup>은 공동주택에서의 바닥충격음레벨 분포에 대하여 연구하였으며, 박현구 등<sup>(2)</sup>은 공동주택 현장 측정시 수음세대의 발코니확장에 따른 바닥충격음 차단 성능 변화 및 측정 방법에 대하여 연구하였다. 이상우<sup>(3)</sup>는 수음세대의 바닥면적 변화에 의한 바닥충격음 레벨 변화를 연구하였다. 또한 주문기 등<sup>(4)</sup>은 수음실의 저주파수 대역 충격음 레벨 분포 및 수음 방법에 대하여 연구하였다. 이신영 등<sup>(5)</sup>은 표준 시험동에서의 바닥충격음 측정위치에 대하여 조사한 결과 마이크로폰 높이에 대한 검토를 제안하였다. 오양기 등<sup>(6)</sup>의 연구에서도 바닥충격음 차단 구조의 성능 측정시 경량 충격음에 대한 음장 보정 방법과 마이크로폰 위치에 대한 세부적인 검토가 필요함을 제안하였다.

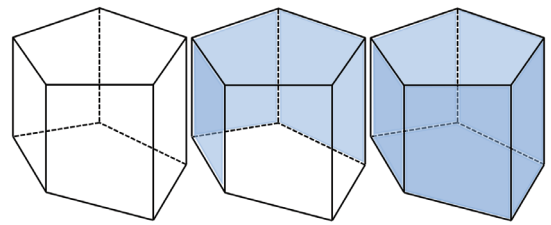
바닥충격음 측정과 관련하여 실내의 음장 분포 및 측정점에 대한 연구가 수행되었으나 중량 충격음 측정시 수음실의 잔향 시간 또는 흡음력 변화 등에 의한 음장변화 영향에 대한 연구는 부족하다. 캐나다 NRC 에서는 수음실의 용적 및 잔향 시간의 영향을 연구<sup>(7)</sup>하였으나 국내에서는 수행되지 않았다.

이 연구에서는 중량 충격음 측정시 수음실의 흡음력 및 용적 변화에 대한 영향을 조사하여 중량 충격음 측정시 수음실의 음장을 보정하는 방안을 제안하고자 한다. 이를 위해 수음실의 음장 변화 적용이 용이하고 바닥충격음 차단을 위한 슬래브 개선 구조의 평가에 활용되는 잔향실에서 바닥충격음을 측정하는 경우 수음실의 흡음력 변화에 의한 경량 및 중량 충격음 레벨 변화를 조사하였다.

## 2. 수음실 음장 변화

### 2.1 개요

잔향실의 흡음력 변화에 따른 바닥충격음 레벨 변화를 조사하기 위하여 상하로 연결된 두 개의 잔향실 중에서 수음실로 활용한 하부 잔향실의 음장을 변화시켰다. 수음실 음장 변화를 위해 잔향실 내부 5개 벽면과 바닥에 흡음재를 설치하였다. 저주파 대역의 흡음 성능을 고려하여 Fig. 1에서와 같이 벽면은 폴리에스테르 흡음재(두께 약 10 mm)를 잔향실 벽면에서 400 mm 이격하여 전체 벽면에 설치하였다. 잔향실 바닥에는 두께 50 mm 그라스 울을 바닥



(a) No absorber (b) 3 faces (c) 6 faces

**Fig. 1** Installation of sound absorbers in receiving reverberation chamber

전체에 설치하였다.

단계적으로 수음실의 음장을 변화시키기 위해 흡음재를 4단계로 제거하면서 잔향 시간과 바닥충격음 레벨을 측정하였다. 음장 조절 단계는 바닥 흡음재를 제거한 경우(5 faces), 5개 벽면에 설치된 흡음재 중에서 2면을 제거한 경우(3 faces)와 벽면 흡음재 4면 제거(1 face)한 경우 그리고 흡음재가 설치되지 않은 잔향실 조건을 대상으로 하였다. Fig. 1(a)는 흡음재가 설치되지 않은 경우, Fig. 1(b)는 3개 벽면에 흡음재가 설치된 경우를 나타낸 것이며, Fig. 1(c)는 흡음재가 모두 설치된 경우를 나타낸 것이다.

잔향실에서의 바닥충격음 음압 레벨 변화를 확인하기 위하여 각 음장 변화 조건별로 잔향 시간, 경량 충격음 및 중량 충격음을 측정하였다. 경량 및 중량 충격음은 KS F 2810-1,2를 기준으로 하여 가진점 5개소 수음점 5개소를 대상으로 실시하였다. 측정 대상 바닥 구조는 150 mm두께의 콘크리트 슬래브(마감구조 없음)를 대상으로 하였다. 충격원으로는 표준 경량 충격원(tapping machine)과 표준 중량 충격원(bang machine)을 활용하여 측정하였다. 뱅머신은 측정 전후로 타이어 공기압을 비교한 결과 동일한 것으로 확인하였으며, 타이어 공기압 등에 의한 영향은 무시할 수 있는 것으로 판단하였다. 또한 KS F 2810-2:2012 및 ISO 10140-5:2010<sup>(8)</sup>에 표준 중량 충격원으로 포함된 고무공(rubber ball 또는 impact ball)에 대하여도 음장 변화에 따른 충격음 레벨 변화를 추가로 측정하였다. ISO에서는 고무공을 중량 충격원으로 하는 현장에서의 바닥충격음 측정방법(ISO/CD 16283-2<sup>(9)</sup>)을 제정하고 있다.

바닥충격음 측정결과는 KS F 2810-1,2의 측정방법에 따라 경량 충격음은 바닥충격음 레벨과 음장에 따라 음압 레벨을 보정하는 표준화 바닥충격음 레벨

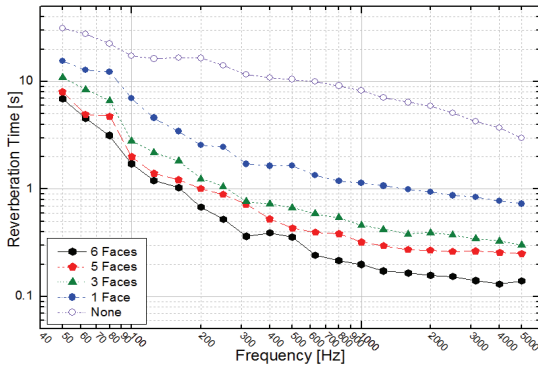


Fig. 2 Measurement results of reverberation time

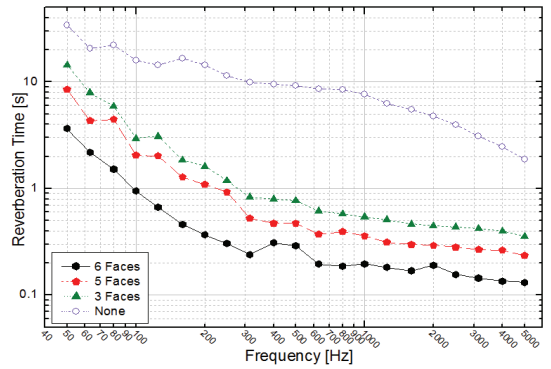


Fig. 3 Reverberation time measured with rubber ball experiment

및 표준화 바닥충격음 레벨을 산출하여 비교하였다.

단일 수치 평가량은 KS F 2863-1,2에 따라 경량 충격음은 역 A특성 가중 바닥충격음 레벨, 역 A특성 가중 표준화 바닥충격음 레벨 및 역 A특성 가중 표준화 바닥충격음 레벨을 산출하여 비교하였다. 중량 충격음은 역 A특성 가중 바닥충격음 레벨을 단일 수치 평가량으로 계산하여 각 조건별로 비교하였다. 현재 중량 충격음은 잔향 시간이나 흡음력에 대한 보정하지 않지만, 경량 충격음의 경우와 같이 표준화 및 표준화 바닥충격음 레벨을 적용하여 보정방법에 따른 중량 충격음 레벨 변화 정도를 검토하였다.

### 2.2 잔향 시간

하부 수음실의 흡음력을 단계별로 변화시켜 잔향 시간을 측정하였다. 잔향 시간 측정은 무지향성 스피커로 광대역 소음을 발생시킨 후 각 주파수 대역별로 음에너지가 감소되는 패턴을 측정 후 분석하였다. 잔향 시간 측정은 B&K Pulse 시스템을 이용하여 측정하였다.

잔향 시간 측정 결과는 Fig. 2와 같다. Fig. 2에서와 같이 잔향실 내부에 설치된 흡음재가 제거됨에 따라 잔향 시간이 급격히 증가되는 것으로 나타났다. 500 Hz 대역의 잔향 시간은 잔향실 6면에 흡음재를 적용한 경우 0.36 s, 5면에 흡음재를 적용한 경우는 0.43 s, 3면에 흡음재를 적용한 경우 0.67 s, 1면에 적용한 경우 1.66 s 그리고 흡음재를 적용하지 않은 경우 10.53 s로 나타났다. 일반적으로 잔향 시간이 긴 경우는 반사음의 영향이 크게 작용하여 자유음장 조건에서 전달되는 음압레벨 보다 큰 값을 갖는 것으로 알려져 있다.

Fig. 3은 추가로 실시한 고무공(rubber ball) 충격음의 수음실 음장 변화 영향 측정시 잔향 시간 변화 결과를 나타낸 것이다. 고무공 충격음의 수음실 음장 변화 실험은 경량 및 중량 충격음에 대한 실험 이후 추가로 실시하였다. 고무공 충격음 측정시 음장 변화는 잔향실 벽면 1면에 흡음재를 적용한 경우를 생략하였다.

### 3. 수음실 음장 변화시 바닥충격음 레벨 변화

#### 3.1 경량 충격음

경량 충격음(tapping machine) 측정 결과는 Figs. 4~6에 나타내었다. Fig. 4는 바닥충격음 레벨( $L_i$ ) 측정결과를 나타낸 것으로, 모든 주파수 대역에서 음장 변화에 따라 10 dB 이상의 음압 레벨 분포 범위가 발생하는 것으로 나타났다. 경량 충격음의 경우 수음실의 음장 보정 방법으로 수음실의 등가 흡음면적을 이용하는 표준화 바닥충격음 레벨과 잔향 시간을 이용하는 표준화 바닥충격음 레벨이 KS F 2810-1에 규정되어 있다. 표준화 및 표준화 바닥충격음 레벨은 각각 식 (1), (2)를 사용하여 계산한다.

$$L'_n = L_i + 10 \log \frac{A}{A_0} \tag{1}$$

여기서,  $L'_n$ : 표준화 바닥충격음 레벨(dB)

$L_i$ : 바닥충격음 레벨(dB)

$A$ : 수음실의 등가 흡음 면적( $m^2$ )

$A_0$ : 기준 등가 흡음 면적( $m^2, A_0 = 10 m^2$ )

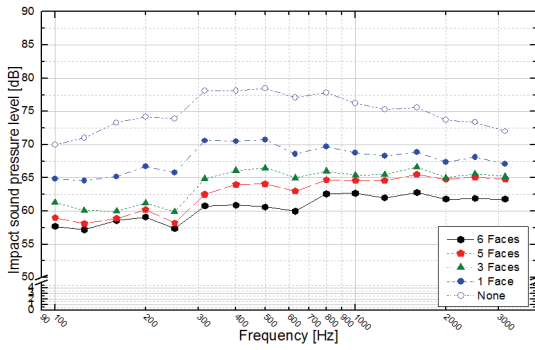


Fig. 4 Measurement results of impact sound pressure level of tapping sound

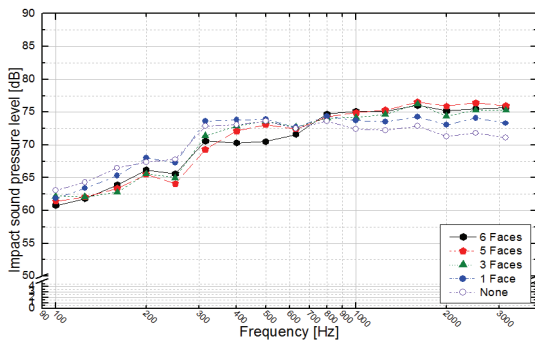


Fig. 5 Measurement results of normalized impact sound pressure level of tapping sound

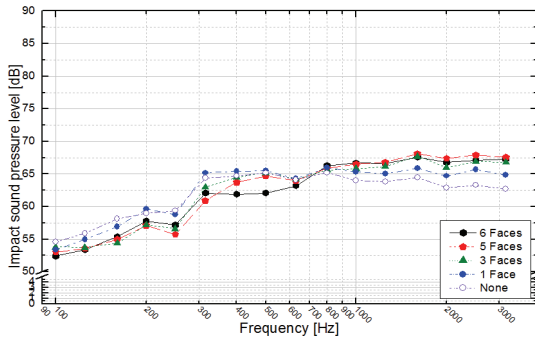


Fig. 6 Measurement results of standardized impact sound pressure level of tapping sound

$$L'_{nT} = L_i - 10 \log \frac{T}{T_0} \quad (2)$$

여기서,  $L'_{nT}$ : 표준화 바닥충격음 레벨(dB)  
 $T$ : 수음실의 잔향 시간(s)  
 $T_0$ : 기준 잔향 시간(s,  $T_0 = 0.5$  s)

Table 1 Single number evaluation results of light-weight impact sound pressure levels

Tapping machine	Sound field condition				
	6 faces	5 faces	3 faces	1 face	None
$L_{i,AW}$	66 dB	69 dB	70 dB	73 dB	81 dB
$L'_{n,AW}$	79 dB	79 dB	79 dB	78 dB	77 dB
$L'_{nT,AW}$	71 dB	71 dB	70 dB	70 dB	68 dB

Fig. 5는 경량 충격음 측정결과에 수음실의 흡음력을 보정하는 표준화 바닥충격음 레벨( $L'_n$ )을 나타낸 것이다. Fig. 6은 표준화 바닥충격음 레벨( $L'_{nT}$ )을 나타낸 것이다.

수음실의 음장에 따른 음압 레벨 보정을 실시한 결과 Fig. 4의 결과보다 음압레벨 성능 분포 범위가 감소되는 것으로 나타났다. 그러나 잔향 시간이 증가됨에 따라 500 Hz 대역 보다 낮은 주파수 대역에서는 표준화 음압 레벨이 증가되는 경향을 갖으며, 500 Hz 보다 높은 주파수 대역에서는 표준화 음압 레벨이 감소되는 것으로 나타났다.

Fig. 6은 경량 충격음 레벨 측정결과에 기준 잔향 시간(0.5 s)을 기준으로 보정하여 나타낸 표준화 바닥충격음 레벨( $L'_{nT}$ )을 나타낸 것이다. Fig. 5의 표준화 바닥충격음 레벨 계산 결과와 유사한 경향을 갖는 것으로 나타났으나, 표준화 바닥충격음 레벨이 약 8 dB 정도 낮은 값을 갖는 것으로 나타났다.

이상의 결과에서와 같이 경량 충격음 레벨은 수음실의 잔향 시간 증가와 흡음력 감소에 따라 증가되는 경향을 갖는 것으로 나타났으며, 반사음의 영향을 고려한 표준화 및 표준화 바닥충격음 레벨을 계산하는 경우 발생하는 음장에 의한 음압 레벨 차이가 감소되는 것으로 나타났다.

Table 1은 경량 충격음 측정 결과에 대한 단일 수치 평가량을 나타낸 것이다. 역 A특성 가중 바닥충격음 레벨( $L_{i,AW}$ ), 역 A특성 가중 표준화 바닥충격음 레벨( $L'_{n,AW}$ ) 및 역 A특성 가중 표준화 바닥충격음 레벨( $L'_{nT,AW}$ )을 각각 나타내었다

수음실 음장에 대한 영향을 보정하지 않은 역 A특성 가중 바닥충격음 레벨은 음장 변화에 따른 최대 15 dB의 음압 레벨 분포 범위가 나타났으나, 역 A특성 가중 표준화, 표준화 바닥충격음 레벨은 음장 변화에 따른 단일 수치 평가량 분포는 각각 2 dB, 3 dB

발생하는 것으로 나타났다. 일반적으로 입주 직전 공동주택 현장에서 바닥충격음을 측정하는 경우 흡음재를 설치하지 않은 조건과 유사한 경우는 드물기 때문에 흡음재가 적용되지 않은 경우를 제외하면 단일 수치 평가량 분포 범위가 모두 1 dB 이내 이므로 KS F 2810-1에 규정된 음장 특성 보정 방법이 유효한 것으로 나타났다.

### 3.2 중량 충격음

중량 충격음(bang machine)은 시간에 따른 변동이 매우 크기 때문에 측정 시 수음실에서의 반사음 영향이 적은 것으로 알려져 있다. KS F 2810-2와 같은 중량 충격음 측정 표준에도 음장에 의한 음압 레벨 보정 방법이 포함되어 있지 않다. 그러나 중량 충격음 측정 방법에서 소음계 또는 측정기의 동특성을 fast(1/8 s)로 설정하여 측정하고 측정시간 동안 각 주파수 대역별 최대 음압레벨(max hold)을 측정하도록 되어 있어 수음실에서 발생하는 반사음의 영향을 받게 된다. 수음실 음장 변화에 따른 중량 충격음 레벨( $L_{i,Fmax}$ )을 비교하기 위하여 잔향실에서의 수음실 음장 변화에 따른 중량 충격음 특성 변화를 비교하였다. 1/3 Oct. 밴드로 측정된 중량 충격음 측정 결과는 Fig. 6에 나타내었다.

Fig. 7에서와 같이 수음실 내의 흡음력이 감소됨에 따라 중량 충격음 레벨이 증가되는 것으로 나타났다. 중량 충격음 레벨이 크게 발생하는 100 Hz 이하 대역의 경우 잔향 시간이 증가함에 따라 중량 충격음 레벨 증가량이 커지는 경향을 갖는 것으로 나타났다.

수음실 음장변화에 의한 각 주파수 대역음 중량 충격음 레벨 차이는 63 Hz 대역의 경우 약 7 dB의 분포 범위를 갖는 것으로 나타났다. 이와 같은 수음실 음장 변화에 의한 음압레벨 차이는 250 Hz 대역에서 가장 크게 발생되었으며, 약 11 dB 이상 발생하는 것으로 나타났다. 입주 전의 공동주택 현장에서는 흡음재가 전혀 없는 조건과 같은 경우는 발생하지 않으므로, 이 경우를 제외하더라도 63 Hz 대역 1/3 Oct. 밴드 측정결과와 차이는 4 dB~5 dB 정도 발생하는 것으로 나타났다.

중량 충격음 측정 결과에 대한 단일 수치 평가량 산출 결과는 Table 2에 나타내었다. 수음실의 음장 변화에 따른 중량 충격음 단일 수치 평가량의 차이는

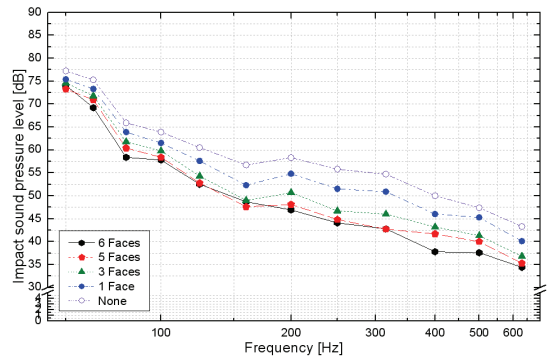


Fig. 7 Measurement results of impact sound pressure level of bang machine sound in 1/3 Oct. band

Table 2 Single number evaluation results of bang machine impact sound pressure levels

Bang machine	Sound field condition				
	6 faces	5 faces	3 faces	1 faces	None
$L_{i,Fmax,AW}$	46 dB	46 dB	47 dB	50 dB	53 dB
$L_{i,Fmax,n,AW}$	48 dB	48 dB	51 dB	53 dB	60 dB
$L'_{i,Fmax,n T,AW}$	41 dB	41 dB	41 dB	41 dB	38 dB

최대 7 dB까지 발생하는 것으로 나타났다. 일반적인 공동주택의 입주 전 조건에서는 흡음재가 적용되지 않은 조건과 가까운 음장이 형성되는 경우는 드물다. 흡음재가 적용되지 않은 조건에서 측정된 결과를 제외하더라도 수음실의 음장 조건에 따라 4 dB의 단일 수치 평가량 차이가 발생하는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 수음실의 잔향 시간 및 흡음력의 변화에 의해 중량 충격음도 영향을 받는 것을 의미한다. 따라서 중량 충격음을 측정하는 경우 수음실의 음장 보정이 필요함을 알 수 있다.

중량 충격음 측정결과에 대한 수음실 음장 보정 방법을 비교하기 위해 ISO 16032<sup>(10)</sup>에 규정되어 있는 규준화 및 표준화 최대 음압 레벨을 중량 충격음 단일 수치 평가량에 적용하여 Table 2에 함께 표시하였다. 수음실 흡음력을 보정하는 경우의 단일 수치 평가량은 역 A 특성 가중 규준화 최대 음압 레벨, 잔향 시간을 기준으로 보정하는 방법은 역 A 특성 가중 표준화 최대 음압 레벨로 표현할 수 있다.

흡음력을 계산하여 수음실의 음장을 보정한 규준화 최대 음압 레벨( $L'_{i,Fmax,n}$ )의 경우 음장 변화에

따라 단일 수치 평가량( $L'_{iFmax,n,AW}$ )의 분포 범위가 더 크게 나타났다. 이는 규준화 바닥충격음 레벨 계산시 적용하는 기준 등가 흡음력( $A_0 = 10 \text{ m}^2$ )과 각 측정 단계별 등가 흡음력의 차이가 기준 등가 흡음력을 기준으로 차이가 크게 발생되었기 때문으로 판단된다. 잔향 시간으로 음장을 보정하는 표준화 최대 음압 레벨( $L'_{iFmax,nT}$ )의 경우 단일 수치 평가량( $L'_{iFmax,nT,AW}$ )의 분포 범위는 3 dB로 감소되었으며, 흡음재를 적용하지 않은 경우를 제외하며 동일한 단일 수치 평가량을 갖는 것으로 나타났다. 표준화 최대 음압 레벨이 흡음재를 적용하지 않은 경우 더 낮게 나타났는데, 이는 흡음재를 적용하지 않은 잔향실 조건의 잔향 시간이 흡음재를 적용한 경우 보다 길게 나타나 상대적으로 식 (2)의 보정항 값이 크게 적용되었기 때문으로 판단된다. 표준화 최대 음압 레벨 단일 수치 평가량을 역 A특성 가중 바닥충격음 레벨( $L_{i,Fmax,AW}$ ) 단일 수치 평가량과 비교할 경우 약 5 dB 정도의 차가 발생하는 것으로 나타났다.

### 3.3 고무공 충격음

실제 공동주택에서 발생하는 충격음과 유사한 특성을 갖는 것으로 알려진 고무공 충격원(rubber ball)을 대상으로 수음실 음장 변화에 대한 영향을 추가로 조사하였다<sup>(11,12)</sup>. 고무공 충격음의 수음실 음장 변화에 대한 실험도 뱀머신을 이용한 경우와 동일한 잔향실에서 측정하였다. 측정 결과는 Fig. 8에 나타내었다.

고무공 충격음에 대한 실험 결과도 뱀머신을 이용한 중량 충격음 측정 결과와 같이 수음실의 음장 변화에 따라 측정 대상 주파수 대역 전체에서 레벨이 변화되는 것으로 나타났다. 63 Hz 대역의 경우 흡음재가 적용되지 않은 경우와 흡음재를 6면에 적용한 경우의 레벨 차는 7.9 dB로 나타났다. 고무공 충격원의 경우 200 Hz 대역에서 가장 큰 12.7 dB 레벨 차를 갖는 것으로 나타났다.

Table 3은 고무공 충격음 측정결과에 대한 단일 수치 평가량이다. Table 3에서와 같이 수음실 음장 변화에 의해 고무공 충격음은 최대 12 dB의 차이가 발생하는 것으로 나타났다. 이는 뱀머신을 이용한 중량 충격음의 경우보다 더 큰 레벨 차이다.

고무공 충격음의 경우도 수음실의 음장 보정 방

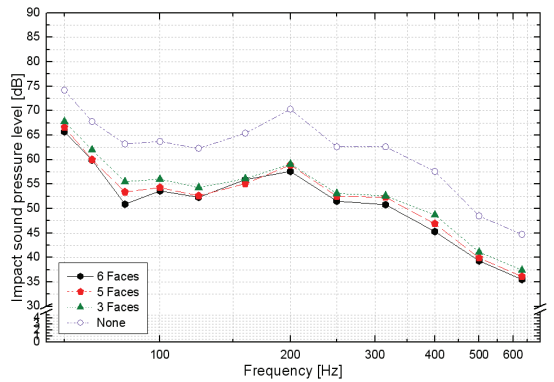


Fig. 8 Measurement results of impact sound pressure level of rubber ball sound in 1/3 Oct. band

Table 3 Single number evaluation results of rubber ball impact sound pressure levels

Rubber ball	Sound field condition				
	6 faces	5 faces	3 faces	1 faces	None
$L_{i,Fmax,AW}$	46 dB	48 dB	49 dB	-	58 dB
$L'_{i,Fmax,n,AW}$	39 dB	41 dB	44 dB	-	64 dB
$L_{i,Fmax,nT,AW}$	49 dB	49 dB	48 dB	-	45 dB

법을 비교하기 위해 규준화 및 표준화 최대 음압 레벨을 적용한 단일 수치 평가량을 계산하여 Table 3에 함께 나타내었다.

역 A특성 가중 규준화 최대 음압 레벨( $L'_{iFmax,n,AW}$ )의 경우 분포 범위가 25 dB로 증가하여 중량 충격음에 대한 음장 보정 방법으로 적용하기 위해서는 실제 공동주택에서의 연구 결과 등을 종합적인 검토가 필요할 것으로 판단된다. 역 A특성 가중 표준화 바닥충격음 레벨( $L'_{iFmax,nT,AW}$ )의 분포 범위는 4 dB로 역 A특성 가장 바닥충격음 레벨( $L_{i,Fmax,AW}$ )의 분포 범위 12 dB 보다 감소되는 것으로 나타났다. 또한 표준화 최대 음압 레벨을 적용한 경우 고무공 충격음의 절대값의 차도 크게 발생하지 않는 것으로 나타났다. 향후 위에서 검토한 음장 보정 방법과 함께 NRC에서 제안한 방법 등에 대한 검토도 필요할 것으로 판단된다.

## 4. 토의 및 결론

최근 바닥충격음 관련 민원이 지속되고 있으며,

현장 및 인정 시험실 등에서의 정확하고 신뢰도 높은 바닥충격음 측정 결과를 얻기 위한 측정 방법에 대한 검토가 필요하다. 이 연구에서는 수음실의 음장 변화에 따른 바닥충격음 레벨 변화를 바닥충격음 차단 성능 개선을 위한 슬래브 구조 개발시 활용되는 잔향실에서 측정하였다. 바닥충격음 측정은 150 mm 두께의 콘크리트 슬래브가 설치된 상하로 연결된 잔향실에서 실시하였다. 수음실의 음장 변화를 위해 벽면 및 바닥에 흡음재를 적용하고 단계적으로 흡음재를 제거하면서 각 단계별로 잔향 시간과 바닥충격음을 측정하였다.

경량 충격음 측정 및 분석 결과 음장 변화에 따라 바닥충격음 레벨은 크게 변화되는 것으로 나타났다. 수음실의 반사음에 의한 음압 레벨 증가를 등가 흡음면적 및 잔향 시간으로 보정한 표준화, 표준화 바닥충격음 레벨 분석 결과, 음장의 변화에 따른 음압 레벨 차이가 줄어드는 것으로 나타났다. 경량 충격음은 정상 소음과 유사하여 수음실의 음장 변화에 따른 음압을 보정하는 방법이 이론적으로는 물론 실제 실험 결과에서도 적합한 것으로 확인되었다.

중량 충격음의 경우 뱅머신 및 고무공 가진에 의한 충격음 특성을 갖기 때문에 잔향실의 경우 수음실의 음장 변화가 음압 레벨에 미치는 영향은 작은 것으로 알려져 있었다. 그러나 실제 음장을 변화시키고 동일한 조건에서 중량 충격음을 측정한 결과 단일 수치 평가량이 충격원 별로 최대 7 dB(뱅머신), 12 dB(고무공) 차이가 발생하는 것으로 나타났다.

잔향실에서의 수음실의 음장 변화에 따라 중량 충격음 레벨 차가 발생한 이유는 다음과 같은 이유로 판단된다. 첫째 중량 충격음 측정 시 소음계 및 측정기의 동특성을 fast로 설정하는데 이는 짧은 시간이지만 1/8 s 간격으로 등가 소음도를 측정하는 의미이기 때문에 수음실에서의 반사음의 영향을 받는 것으로 판단된다. 두 번째로는 각 주파수 대역별 중량 충격음 측정값은 측정 시간 동안의 각 주파수 대역별 최대 값을 측정하기 때문에 수음실에서 발생하는 반사음의 영향을 받는 것으로 판단된다.

중량 충격음에 대하여 수음실 음장 특성을 보정하기 위한 추가적인 방법이 필요하다. 표준화 및 표준화 최대 음압 레벨을 계산하여 비교한 결과 표준화 바닥충격음 레벨의 분포 범위는 증가되는 것으로

나타났다. 표준화 최대 음압 레벨을 적용하는 경우 분포 범위는 감소하였으며 절대값의 차와 실제 공동주택에서의 잔향 시간 및 흡음력의 영향 등을 고려하여 종합적인 관점에서 검토할 필요할 것으로 판단된다. 향후 음장 보정 방법에 대하여 검토할 경우 캐나다 NRC에서 제안한 보정방법에 대한 검토도 필요할 것으로 판단된다.

이를 위해서는 실제 공동주택 내부의 음장 상태(잔향 시간 등)에 대한 기준이 설정되어야 한다. 향후 공동주택의 잔향 시간 표준화 및 실제 공동주택에서의 음장 변화에 따른 중량 충격음 레벨 변화 등에 대한 연구가 필요하다.

## 후 기

이 논문은 지식경제부 표준기술력향상사업의 연구비 지원(과제번호 10040807)에 의해 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

- (1) Son, C. B., Kim, J. S. and Kim, S. W., 1991, A Study on the Sound Distribution of Floor Impact Sound for Apartment house, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 7. No. 4, pp. 135~147.
- (2) Park, H. K. and Kim, S. W., 2009, Comparison and Analysis of Measurement of Floor Impact Sound in Apartment with Balcony Remodeling, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 25. No. 8. pp. 329~336.
- (3) Lee, S. W., 2004, Impact Sound Characteristics of Floors According to the Number of Pyong and Layers, Journal of Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, Vol. 4. No. 3, pp. 71~78.
- (4) Joo, M. K., Park, J. Y., Yang, K. S. and Oh, Y. K., 2008, A Study on the Measurement Method of Improvement of Reliability for Heavy-weight Floor Impact Sound Measurement, Journal of the Acoustical Society of Korea, Vol. 27, No. 4, pp. 163~170.
- (5) Lee, S. Y., Yoo, S. Y. and Jeon, J. Y., 2007, Investigation of Receiving Position in the Measurement Method for Floor Impact Sound in a Testing Building, Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference,

pp. 694-968.

(6) Oh, Y. K. and Joo, M. K., 2012, Problems in the Accreditation of Floor Impact Noise Insulation Performance, Proceedings of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems Autumn Conference, pp. 71~74.

(7) Stefan S., Berndt Z. and Trevor N., 2010, Influence of Receive Room Properties on Impact Sound Pressure Level Measured with Heavy Impact Sources, 1st EAA – EuroRegio 2010.

(8) ISO 10140-5: 2010, Acoustics - Laboratory Measurement of Sound Insulation of Building Elements - Part 5: Requirements for Test Facilities and Equipment

(9) ISO/CD 16283-2 Acoustics - Field Measurement of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements - Part 2: Impact Sound Insulation.

(10) ISO 16032 Acoustics – Measurement of Sound Pressure Level from Service Equipment in Buildings – Engineering Method.

(11) Jeon, J. Y., Lee, P. J., Jeong, J. H. and Park, J. H., 2006, Comparisons of Standard Floor Impact Sources with a Hammer Impact Sources, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 16, No. 8, pp. 789~796.

(12) Jeong, J. H. and Jeon, J. Y., 2005, Floor Impact Noise Measurement and Evaluation Method Using Impact Ball, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 15, No. 10, pp. 1160~1168.



**Jeong Ho Jeong** is currently a senior researcher at Fire Insurers Laboratories of Korea(FILK). He received his MS and PhD 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).



**Jeong Uk Kim** is currently a senior researcher at Fire Insurers Laboratories of Korea(FILK). He received his MS degree in architectural engineering from Konkuk University, Korea. He has interest on the sound insulation structure and absorption material.



**Jae Gun Jeong** is currently a principal researcher at Fire Insurers Laboratories of Korea(FILK). He received his BS degree in architectural engineering from Hanyang University, Korea. He has interest on the architectural environment.