

수음실 음장변화가 바닥충격음 레벨에 미치는 영향

The Effect of Sound Field Variation on Floor Impact Sound Pressure Level

정정호†·김정욱*·정재군**

Jeong Ho Jeong, Jeong Uk Kim and Jae Gun Jeong

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 바닥 충격음 및 공기 전달음과 관련된 민원은 지속적으로 제기되고 있으며 법정 소송도 증가하고 있는 것으로 알려져 있다. 이와 같은 배경에서 최근 바닥 충격음 분쟁과 관련된 바닥 충격음 측정도 증가하고 있다. 이상과 같이 바닥 충격음 측정 결과에 대한 신뢰성을 증가시키기 위한 노력이 필요하다. 본 연구에서는 바닥충격음 측정시 수음실의 음장 변화에 따른 경량 및 중량 충격음 변화를 조사하고자 하였다.

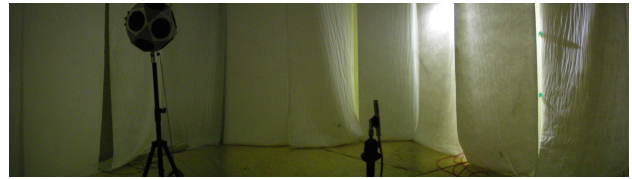
2. 본 론

2.1 측정 개요

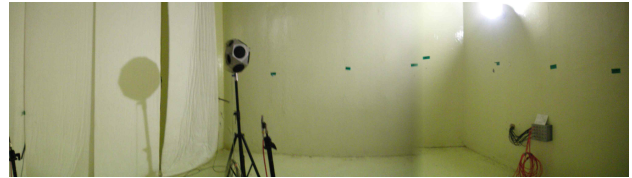
음장변화에 따른 바닥충격음 레벨 변화를 조사하기 위하여 세로로 연결된 잔향실 하부의 음장을 변화하였다. 음장 변화 방법으로는 잔향실 내부 5개 벽면과 바닥에 흡음재료를 설치하는 방법을 적용하였다. 저주파 대역까지 충분한 흡음 성능이 확보되도록 하기 위하여 벽면은 폴리에스테르 흡음재(두께 약 10 mm)를 잔향실 벽면에서 400 mm 이격하여 전체 벽면에 설치하였다(Fig. 1 참고). 잔향실 바닥에는 두께 50 mm의 그라스울을 바닥전체에 설치하였다.

단계적은 음장변화를 위해 흡음구조를 4단계로 제거하면서 잔향시간과 바닥충격음 측정하였다. 음장 조절 단계는 바닥 흡음재를 제거한 경우(5 faces), 벽면 흡음재 2면 제거(3 faces), 벽면 흡음재 4면 제거(1 faces) 그리고 흡음재가 설치되지 않은 경우를 대상으로 하였다. Fig. 1 (a)는

흡음구조가 모두 설치된 경우의 사진이며, Fig. 1 (b)는 2개 벽면의 흡음재가 제거된 경우의 모습을 나타낸 것이다.



(a) Sound absorber installed on 6 faces of room



(b) Sound absorber installed on 3 faces of room

Fig. 1 Receiving room with sound absorbers

바닥충격음 음압레벨 변화를 확인하기 위하여 각 변화 조건별로 잔향시간, 경량 충격음 및 중량충격음을 측정하였다. 경량 및 중량충격음은 KS F 2810-1,2를 기준으로 하여 가진점 5개소 수음점 5개소를 대상으로 실시하였다. 측정대상 바닥구조는 바닥마감재의 경량 충격음 저감량 측정을 위해 설치한 150 mm 두께의 콘크리트 슬래브(마감구조 없음)를 대상으로 하였다. 바닥충격음 측정을 태핑 머신과 뱅머신을 활용하여 측정하였다. 측정전후로 뱅머신 타이어의 공기압을 비교한 결과 동일한 것으로 나타나 타이어 공기압 등에 의한 영향은 무시할 수 있는 것으로 판단하였다.

바닥충격음 측정결과는 KS F 2810-1,2의 측정방법에 따라 경량 충격음은 바닥 충격음 레벨(1/3 Oct.)와 음장에 따른 음압레벨 보정하는 표준화 바닥 충격음 레벨(1/1 Oct.) 및 표준화 바닥 충격음 레벨(1/1 Oct.)를 산출하여 비교하였다. 중량충격음 레벨은 1/1 Oct. 및 1/3 Oct.로 측정하여 비교하였다.

단일수치 평가는 KS F 2863-1,2에 따라 역 A특성 가중 바닥 충격음 레벨, 역 A특성 가중 표준화 바닥 충격음 레벨 및 역 A특성 가중 표준화 바닥충격음 레벨을 산출하여 비교하였다. 중량충격음은 역 A특성 가중 바닥 충격음 레벨을 단일 수치 평가량으로 계산하여 각 조건별로 비교하였다.

† 교신저자; 방재시험연구원
E-mail : jhjeong@kfpa.or.kr
Tel : (031) 887-6693, Fax : (031) 887-6739

* 방재시험연구원

** 방재시험연구원

2.2 잔향시간

각 단계별로 흡음재를 조절하여 음장을 변화시킨 조건에 대하여 잔향시간을 측정하였다. 잔향시간 측정은 무지향성 스피커로 광대역 소음을 발생시킨후 각 주파수 대역별로 음 에너지가 감쇄되는 패턴을 측정후 분석하였다. 잔향시간 측정은 B&K Pulse 시스템을 이용하여 측정하였다.

잔향시간 측정 결과는 Fig. 2와 같다. Fig. 2에서와 같이 잔향실 내부에 설치된 흡음재가 제거됨에 따라 잔향시간이 급격히 증가되는 것으로 나타났다. 중주파수인 500 Hz 대역의 잔향시간은 각 조건별로 6면 흡음의 경우 0.36 s, 5면 흡음은 0.43 s, 3면 흡음은 0.67 s, 1면 흡음은 1.66 s 그리고 흡음재가 없는 경우는 10.53 s로 나타났다. 일반적으로 잔향시간이 긴 경우는 반사음의 영향이 크게 작용하여 자유음장 조건에서 전달되는 음압레벨 보다 큰 값을 갖는 것으로 알려져 있다.

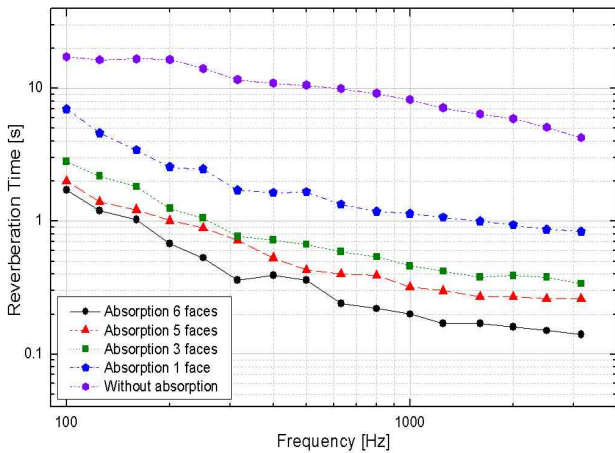


Fig. 2 Measurement results of reverberation time

2.2 경량 충격음

경량 충격음 결과는 Fig. 3 ~ 5에 나타내었다. Fig.3은 바닥 충격음 레벨 측정결과는 나타낸 것으로, 모든 주파수 대역에서 음장변화에 따라 10 dB 이상의 음압 레벨 변화가 발생하는 것으로 나타났다.

Fig. 4는 경량 충격음 측정결과에 대하여 흡음력을 보정하여 계산하는 기준화 바닥충격음을 나타낸 것이다. 음장에 따른 음압레벨을 보정을 실시한 결과 Fig. 3의 결과보다 음압레벨 차이가 현격히 감소된 것을 확인할 수 있다. 그러나 확산음장으로 변화함에 따라 500 Hz 대역을 중심으로 낮은 주파수 대역에서는 기준화 음압 레벨이 증가되는 경향을 갖으며, 500 Hz 보다 높은 주파수 대역에서는 기준화 음압 레벨이 감소되는 것으로 나타났다.

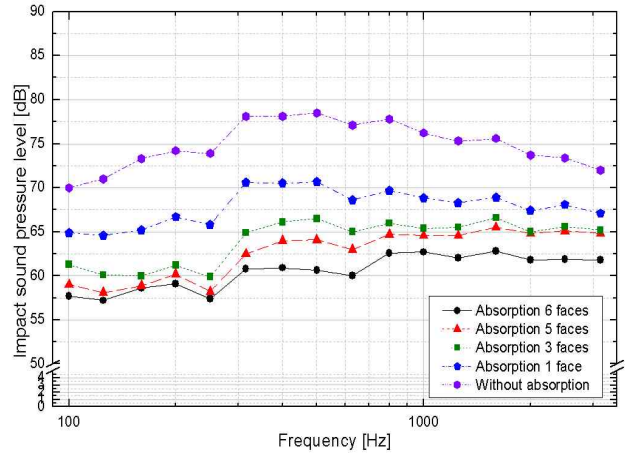


Fig. 3 Measurement results of impact sound pressure level of tapping sound

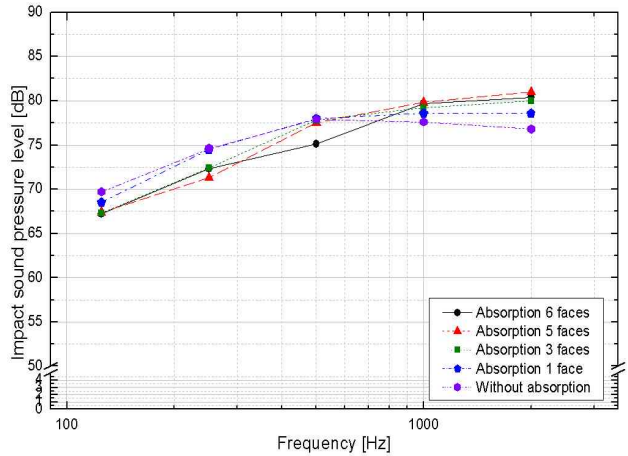


Fig. 4 Measurement results of normalized impact sound pressure level of tapping sound

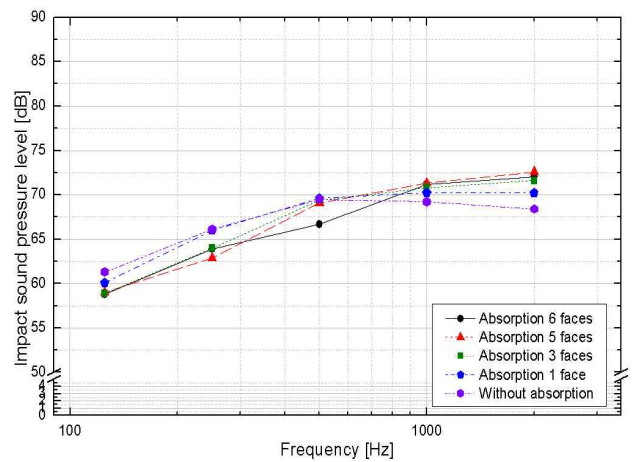


Fig. 5 Measurement results of standardized impact sound pressure level of tapping sound

Fig. 5는 경량 충격음 레벨 측정결과를 표준 잔향시간 (0.5 s)를 기준으로 보정하여 나타난 표준화 바닥 충격음 레벨을 나타낸 것이다. Fig.4의 표준화 바닥 충격음 레벨 계산 결과와 유사한 경향을 갖는 것으로 확인할 수 있으나, 표준화 바닥 충격음 레벨이 약 8 dB 정도 낮은 값을 갖는 것으로 나타났다. 이상의 결과에서와 같이 경량 충격음 레벨은 수음실의 음장 조건이 확산음장으로 변화함에 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. 1 Single number evaluation results of light-weight impact sound pressure levels

Condition	Sound absorption				
	6 faces	5 faces	3 faces	1 faces	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

Table. 1은 경량 충격음 측정 결과에 대한 단일 수치 평가량을 나타낸 것이다. 역 A특성 가중 바닥 충격음 레벨 ($L'_{i,AW}$), 역 A특성 가중 표준화 바닥 충격음 레벨 ($L'_{n,AW}$) 및 역 A특성 가중 표준화 바닥충격음 레벨 ($L'_{nT,AW}$)을 각각 나타내었다. 음장에 대한 영향을 보정하지 않은 역 A특성 가중 바닥 충격음 레벨은 음장 변화에 따라 최대 15 dB의 차이가 발생하는 것으로 나타났으나, 역 A특성 가중 표준화, 표준화 바닥 충격음 레벨은 음장 변화에 따른 단일 수치 평가량 차이가 각각 2 dB, 3 dB 발생하는 것으로 나타났다. 일반적으로 입주 직전 공동주택 현장에 바닥충격음을 측정하는 경우 확산음장에 유사한 경우는 드물기 때문에 흡음재가 적용되지 않은 경우를 제외하면 단일 수치 평가량 차이가 모두 1 dB 이므로 KS F 2810-1에 규정된 음장 특성 보정 방법 유효한 것을 확인하였다.

2.3 중량 충격음

중량 충격음은 시간에 따른 변동이 매우 크기 때문에 측정 시 반사음에 의한 영향이 매우 적은 것으로 알려져 있다. 따라서 KS F 2810-2와 같은 중량 충격음 측정 기준에도 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 측정하기 때문에 수음실에서 발생하는 반사음의 영향을 받게 된다.

본 연구에서는 수음실 음장 변화에 따른 중량 충격음 레벨을 비교하기 위하여 음장 변화시 중량충격음 레벨을 측정

하여 비교하였다. 중량 충격음 측정 결과는 Fig. 6과 Fig. 7에 나타내었다. Fig. 6은 1.3 Oct. 밴드 측정결과를, Fig. 7은 1/1 Oct. 밴드 측정결과를 나타낸 것이다.

Fig. 6에서와 같이 수음실 내의 흡음재가 감소함에 따라 중량 충격음 레벨이 증가되는 것으로 나타났다. Fig. 7은 1/1 Oct. 밴드 측정결과를 나타낸 것이다. 중량 충격음 레벨이 가장 크게 발생하는 100 Hz 이하 대역의 경우 잔향시간이 증가함에 따라 중량 충격음 레벨 증가량이 더욱 커지는 경향을 갖는 것으로 나타났다.

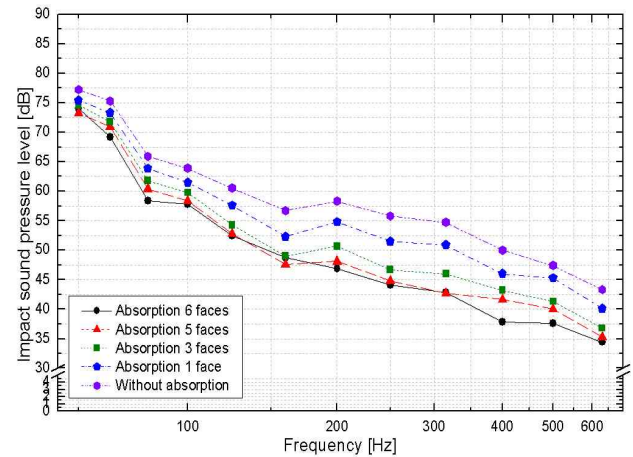


Fig. 6 Measurement results of impact sound pressure level of bang machine sound in 1/3 Oct. band

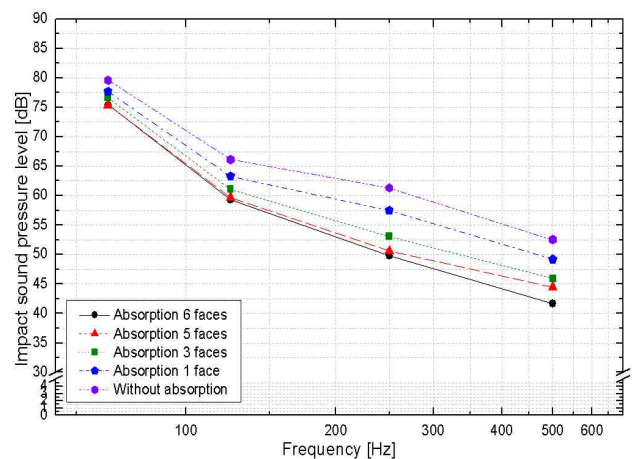


Fig. 7 Measurement results of impact sound pressure level of bang machine sound in 1/1 Oct. band

음장변화에 따른 각 주파수 대역의 중량 충격음 레벨 차이는 63 Hz 대역의 경우 1/3 Oct. 밴드 측정결과에서는 약 7 dB, 1/1 Oct. 밴드 측정결과에서는 약 4 dB 정도 차이가 발생하는 것으로 나타났다. 이와 같은 음장에 의한 음압레벨 차이는 250 Hz 대역에서 가장 크게 발생되었으며, 1/3 Oct. 밴드 측정결과에서 약 11 dB 이상 발생하는 것으로 나타났다. 입주 전의 공동주택 현장에서는 흡음재가 전혀 없

는 확산음장 조건과 같은 경우는 발생하지 않으므로 이 경우를 제외하더라도 63 Hz 대역 1/3 Oct. 밴드 측정결과와의 차이는 4 dB - 5 dB 정도 발생되는 것으로 나타났다.

Table. 2 Single number evaluation results of heavy-weight impact sound pressure levels

Condition	Sound absorption				
	6 faces	5 faces	3 faces	1 faces	None
$L_{i,Fmax,AW}$	46 dB	46 dB	47 dB	50 dB	53 dB

중량 충격음 측정 결과에 대한 단일 수치 평가량 산출 결과는 Table. 2에 나타내었다. 수음실의 음장 변화에 따른 중량 충격음 단일 수치 평가량의 차이는 최대 7 dB까지 발생되는 것으로 나타났다. 일반적인 공동주택 현장에 확산음장에 가까운 음장이 형성되는 경우는 드물기 때문에 확산음장에 유사한 흡음체가 없는 조건의 결과를 제외하더라도 약 4 dB의 단일 수치 평가량이 발생되는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 공동주택 바닥충격음 차단성능 인정제도의 등급 간격을 상회하는 것이다. 따라서 바닥충격음을 측정하는 경우 수음실의 음장 보정에 대한 고려가 필요한 것을 알 수 있다.

3. 결 론

최근 바닥 충격음 관련 민원이 지속되고 있고 관련 민사 소송 등도 진행되고 있어 현장 및 인정 시험실 등에서의 바닥 충격음 레벨 측정 방법에 대한 검토가 필요한 실정이다. 본 연구에서는 수음실의 음장 변화에 따른 바닥 충격음 레벨 변화를 조사하였다. 바닥충격음 측정은 150 mm 두께의 콘크리트 슬래브를 대상으로 상하로 연결된 잔향실에서 실시하였다. 수음실의 음장 변화를 위해 벽면 및 바닥에 흡음체를 적용하고 단계적으로 흡음체를 제거하면서 각 단계별로 잔향시간과 바닥 충격음을 측정하였다.

경량 충격음 측정 및 분석 결과 음장 변화에 따라 바닥 충격음 레벨은 크게 변화되는 것으로 나타났지만 수음실의 반사음에 의한 음압 레벨 증가를 등가 흡음면적 및 잔향시간으로 보정한 규준화, 표준화 바닥 충격음 레벨 분석결과 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 뱅 머신 가진에 의한 충격음 특성을 갖기 때문에 수음실의 음장 변화가 음압 레벨에 미치는 영향은 매우 작은 것으로 알려져 있다. 그러나 실제 음장을 변화시키고 동일한 조건에서 중량 충격음을 측정할 경우

단일 수치 평가량으로 최대 7 dB의 차이가 발생하는 것으로 나타났다. 입주 직전의 공동주택 내부는 실내 마감이 완료되고 각종 등기구 부엌기구 등이 설치되어 확산음장과는 차이가 있으나 바닥 충격음 차단구조 인정 시험의 경우 별도의 마감이 없이 진행되는 경우도 있는데 이와 같은 경우 수음실의 음장이 확산음장에 가깝게 된다. 이러한 수음실 음장 차이는 바닥 충격음 차단구조 인정 단계와 실제 시공 단계에서의 레벨 차이, 입주 단계 및 입주 후에도 각 세대별 내부 조건의 차이에 따라 중량 충격음 레벨 차이가 발생할 수 있다는 것을 의미한다.

이와 같은 차이가 발생한 이유는 다음과 같다. 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 측정 값은 측정 시간 동안의 각 주파수 대역별 최대 값을 측정하기 때문에 수음실에서 발생하는 반사음의 영향을 받는 것으로 판단된다.

이상의 결과에서와 같이 중량충격음도 수음실의 음장의 영향을 받는 것으로 나타났다. 따라서 중량 충격음에 대하여 수음실 음장 특성을 보정하기 위한 추가적인 방법이 필요하다. 보정 방법으로는 여러 가지 방법이 있지만 경량 충격음의 경우와 같이 규준화 및 표준화 레벨 평가 방법을 적용하는 방안이 가장 우선적으로 고려되어야 할 것으로 판단된다. 이를 위해서는 실제 공동주택 내부의 음장 상태(잔향시간 등)에 대한 기준이 설정되어야 한다. 향후 공동주택의 잔향시간 표준화 및 실제 공동주택에서의 음장 변화에 따른 중량 충격음 레벨 변화 등에 대한 연구가 필요하다.