



# 충간소음 해외 기준 및 측정 평가 방법

정 정 호\*  
(방재시험연구원)

최근 공동주택 및 소규모 주택에서의 이웃간 충간소음 분쟁으로 인한 강력 사건, 사고가 계속되어 바닥충격음에 대한 문제가 재조명되고 있다. 이 글에서는 바닥충격음과 관련된 우리나라의 기준 및 주요 해외 국가의 바닥충격음 관련 성능 기준과 바닥충격음 측정 및 평가 방법에 대한 흐름 및 변화 사항에 대하여 다루고자 한다.

## 1. 바닥충격음 관련 기준

우리나라의 바닥충격음 규제 기준은 공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 관리기준에 규정되어 있으며, 2005년 경량충격음을 시작으로 2006년 중

량충격음까지 시행되고 있다. 경량충격음은 표 1에서와 같이 역A특성 가중 표준화 바닥충격음 레벨( $L'_{n,AW}$ )로 58 dB을 최저 기준으로 5 dB간격으로 4개 등급으로 구성되어 있다. 중량충격음은 표 2에서와 같이 역A특성 가중 바닥충격음 레벨( $L'_{i,Fmax,AW}$ ) 50 dB을 최저 기준으로 3 dB~4 dB간격으로 4개 등급으로 구성되어 있다.

바닥충격음 관련 기준은 친환경 건축물 인증 제도에도 포함되어 있으며 전체 4점이 배정되어 있다. 등급기준은 공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 관리기준과 동일하며 표 1,2에서와 같이 등급별로 1에서 0.25 간격으로 가중치를 주고 있다.

일본의 바닥충격음 기준은 2000년 주택품질확보

표 1 경량충격음 기준

등급	친환경 건축물 인증제도 가중치	역A특성 가중 표준화 바닥충격음 레벨
1급	1.0	$L'_{n,AW} \leq 43$
2급	0.75	$43 < L'_{n,AW} \leq 48$
3급	0.5	$48 < L'_{n,AW} \leq 53$
4급	0.25	$53 < L'_{n,AW} \leq 58$

표 2 중량충격음 기준

등급	친환경 건축물 인증제도 가중치	역A특성 가중 바닥충격음 레벨
1급	1.0	$L'_{i,Fmax,AW} \leq 40$
2급	0.75	$40 < L'_{i,Fmax,AW} \leq 43$
3급	0.5	$43 < L'_{i,Fmax,AW} \leq 47$
4급	0.25	$47 < L'_{i,Fmax,AW} \leq 50$

표 3 일본의 바닥충격음 기준

성능등급		5	4	3	2	1
성능 수준	중량	$L_H - 50$	$L_H - 55$	$L_H - 60$	$L_H - 65$	Rank 2 미만
	경량	$L_L - 45$	$L_L - 50$	$L_L - 55$	$L_L - 60$	Rank 2 미만
차음성능 수준		특히우수	우수	기본	약간낮음	그외

$L_H, L_L$  경량 및 중량충격음의 성능을 나타내는 평가기준곡선 (JIS A 1419-2)

\* E-mail : jhjeong92@hanmail.net / Tel : (031)887-6693

촉진법에 규정되어 있으며, 표 3에서와 같이 L지수로 5개 등급으로 구성되어 있다. 일본의 기준은 권장기준이며, 우리나라와 달리 5등급이 가장 우수한 등급으로 구성되어 있다. 또한 일본건축학회에서는 각 등급 수준별 성능 수준에 대한 설명을 표 4와 같이 제시하고 있다.

미국은 주택도시개발부(HUD, U.S Department of Housing and Urban Development)에서 바닥충격음 기준을 제시하고 있으며, 경량충격음에 대한 기준만을 제시하고 있다. HUD 기준의 특징은 상하세대 한 실의 용도별 조합에 따라 다른 기준을 제시하고

있으며, 배경소음 수준에 따라 3단계로 구분하여 다른 기준을 적용하고 있다.

유럽연합국가들도 미국의 경우와 같이 경량충격음에 대한 기준을 수립하고 있다. 표 6에서와 같이 각 나라별로 공동주택과 주택에 서로 다른 기준을 적용하고 있으며, 대부분 등급제도를 시행하고 있다<sup>4)</sup>. 경량충격음에 대한 최저 기준은 각국마다 서로 다르지만 대부분의 유럽연합국가에서도 53 dB 또는 58 dB로 규정하고 있어 우리나라의 최저 기준과 유사하거나 한 등급 정도 우수한 수준으로 판단된다. 그림 1은 유럽연합 24개 국가의 경량충격음

표 4 일본건축학회의 층간소음 기준

	바닥충격음		
	뛰는 행위, 발걸음 소리 등	의자, 물건의 떨어지는 소리	기타의 예
L-30	거의 들리지 않는다	전혀 들리지 않는다	어린이가 크게 소리쳐도 괜찮다
L-35	조용할 때 들린다	들리지 않는다	다소 뛰며 다녀도 된다
L-40	멀리서 들리는 느낌	거의 들리지 않는다	신경 쓰지 않고 생활할 수 있다
L-45	들릴지언정 거슬리지 않는다	샌들소리는 들린다	약간 알 수 있다
L-50	거의 거슬리지 않는다	칼소리는 들린다	약간 주의하면서 생활 한다
L-55	약간 마음이 쓰인다	슬리퍼 소리도 들린다	주의하면 문제없다
L-60	약간 거슬린다	수저를 떨어뜨려도 들린다	상호간에 결널 수 있는 정도
L-65	잘 들려 거슬린다	동전이 떨어져도 들린다	어린이가 있으면 꾸짖게 된다
L-70	매우 잘 들려 거슬린다	1원짜리 동전일지라도 들린다	어른들도 마음을 쓰게 된다
L-75	매우 귀찮다	좌동	주의하여도 시비가 온다
L-80	시끄러워 견딜 수 없다	좌동	참는 생활이 필요
비고	저음역의 음, 타이어 값	고음역의 음, 태핑머신의 값	타이어, 태핑머신, 모두 합격시

표 5 미국 HUD의 바닥충격음 기준

인접세대간 실용도		바닥충격음(IIC)			인접세대간 실용도		바닥충격음(IIC)			
A(상층)	B(하층)	Grade I	Grade II	Grade III	A(상층)	B(하층)	Grade I	Grade II	Grade III	
침실	침실	55	52	48	침실	부엌	52	50	46	
거실		60	57	53	거실		55	52	48	
부엌		65	62	58	부엌		55	52	48	
가족실		65	62	58	욕실		55	52	48	
복도		65	62	58	가족실		60	58	54	
					복도		55	52	48	
침실	거실	55	52	48	침실	가족실	50	48	46	
거실		55	52	48	거실		52	50	48	
부엌		60	57	53	부엌		욕실	55	52	50
가족실		62	60	56	욕실		복도	52	50	48
복도		60	57	53	복도			50	48	46

주) Grade I : 야간에 외부소음이 35~40 dB(A) 또는 고층공동주택에서 8층 이상이고 고급건물  
Grade II : 표준치로서 외부소음레벨이 보통인 경우(40~45 dB(A))  
Grade III : 최저치로서 시끄러운 지역(45 dB(A))에 적용.

최저 기준을 그림으로 나타낸 것이다.

위의 내용에서와 같이 각국의 바닥충격음 기준은 서로 다른 평가 방법을 적용하고 있으며 최저 기준 또한 상이하지만, 각국의 문화적, 사회적 특성을 반영하여 규제하고 있다. 경량충격음의 경우 우리나라의 최저 기준이 다른 각의 기준 수준과 크게 다르지 않은 것으로 판단된다. 우리나라도 등급제를 시행하고 있어 향후 성능 등급이 우수한 주택 건설을

위해 노력하여야 할 것으로 판단된다.

성능 등급이 우수하더라도 완벽하게 층간소음을 차단하는 것은 현실적으로 불가능하므로, 일본의 예에서와 같이 각 등급에 대한 성능 수준을 이해하기 쉽도록 설명하는 추가적인 정보 제공이 필요할 것으로 판단된다. 또한 미국의 예에서와 같이 배경소음 수준에 따라 인지되는 소음 수준이 다르므로 공동주택의 배경소음에 따른 보정량을 적용하는

표 6 유럽연합국가의 경량충격음 기준

국가		복층 주택	테라스식 주택	등급
덴마크	$L'_{n,W}$	58	53	D/C/B/A
노르웨이	$L'_{n,W}$	53	53	D/C/B/A
스웨덴	$L'_{n,W} + C_{i,50-2000}$	58	58	D/C/B/A
핀란드	$L'_{n,W}$	53	53	-
아이슬란드	$L'_{n,W}$	58	53	D/C/B/A
독일	$L'_{n,W}$	53	48	I / II / III
영국	$L'_{n,TW}$	64~57		
프랑스	$L'_{n,TW}$	60~53	60~53	QL/QLAC
오스트리아	$L'_{n,TW}$	50~43	48~41	
네덜란드	$I_{co}$	61~54	61~54	5/4/3/2/1
이탈리아	$L'_{n,W}$	63	63	
스페인	$L'_{n,W}$	65	65	
포르투갈	$L'_{n,W}$	60	60	
폴란드	$L'_{n,W}$	58	53	
슬로바키아	$L'_{n,W}$	58	58	
에스토니아	$L'_{n,W}$	53	53	D/C/B/A
라트비아	$L'_{n,W}$	58	58	
러시아	$I_y$	60	60	

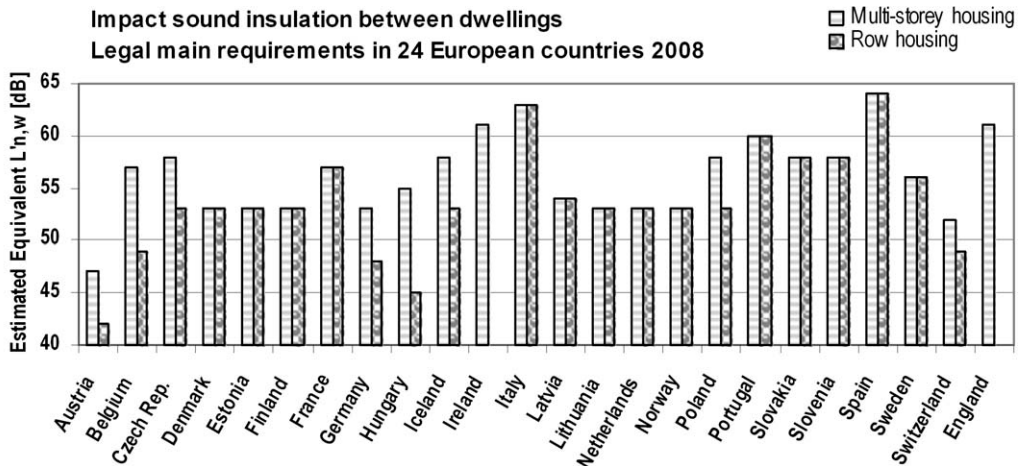
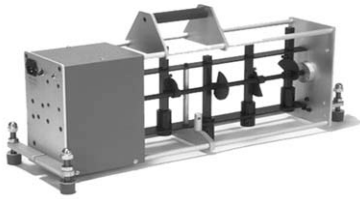


그림 1 유럽연합 24개 국가의 경량충격음 기준

표 7 소음에 대한 성능 등급제도(안)

소음	배경소음별			거주자 민감도별 소음 만족도			
	A	B	C	민감도 10%	민감도 30%	민감도 50%	전체
1등급	N1-n [dB]	N1 [dB]	N1+n [dB]	S1,10%	S1,30%	S1,50%	S <sub>1,T</sub> %
2등급	N2-n [dB]	N2 [dB]	N2+n [dB]	S2,10%	S2,30%	S2,50%	S <sub>2,T</sub> %
3등급	N3-n [dB]	N3 [dB]	N3+n [dB]	S3,10%	S3,30%	S3,50%	S <sub>3,T</sub> %



(a) 태핑 머신



(b) 뱅머신



(c) 고무공 충격원

그림 2 바닥충격음 측정용 표준 충격

방법 등이 필요할 것으로 판단된다.

표 7은 성능 기준에 대한 설명, 배경소음 보정량 및 거주자의 소음에 대한 민감도 등을 고려한 바닥 충격음 및 각종 소음에 대한 성능 등급(안)을 제시한 것이다. 표 7에서와 같이 배경소음별 보정치가 적용되어 있으며 성능 등급에 대한 설명은 거주자의 만족도를 기준으로 표시하도록 하였다. 각 등급의 거주자의 만족도 또한 거주자의 민감도 수준에 따라 세부적으로 구분하여 표기한다면 각 등급이 의미하는 성능 수준을 쉽게 이해할 수 있으며, 민감도 수준별 만족도 내용도 포함할 경우 거주자의 합리적 성능 이해로 소음 관련 분쟁 및 민원에 합리적 으로 대처할 수 있을 것으로 판단된다.

## 2. 바닥충격음 측정 및 평가 방법

바닥충격음 측정과 관련된 KS 표준은 KS F 2810-1 바닥충격음 차단성능 현장 측정 방법 - 제1부 : 표준 경량충격원에 의한 방법<sup>(5)</sup> 및 KS F 2810-2 건축물의 바닥충격음 차단성능 현장 측정방법 - 제2부 : 표준 중량충격원에 의한 방법<sup>(6)</sup>이 있다. 위의 두 가지 표준 이외에도 바닥 마감재의 경량충격음 저감량을 평가하는 KS F 2865<sup>(4)</sup>가 규정되어 있다. 바닥충격음 차단성능 현장 측정 방법 중 중량충격음의 경우 과거 뱅머신(그림 2 참고)을 단일 충격원으로

사용된다. 2012년 12월 KS F 2810-2가 개정되었으며, 주요 내용으로는 실제 어린이들이 뛰고 달리는 소리와 유사한 고무공 충격원이 표준 중량충격 특성 2로 추가되었다. KS F 2810-2의 측정 방법은 동일하며 부속서 1 및 2에 고무공 충격원에 대한 내용이 추가되었다.

고무공 충격원의 특성은 그림 3에서와 같이 기존의 뱅머신의 약 4,500 N보다 낮은 1,500 N 정도이다. 옥타브 밴드별 충격력 폭로레벨의 경우 뱅머신은 63 Hz 이하 대역에서 매우 높은 특성이지만 고무공 충격원의 경우 뱅머신보다 63 Hz이하 대역은 낮고 125 Hz이상 대역에서는 높은 특성을 갖는 것으로 규정되어 있다. 고무공 충격원은 실험실에서의 바닥충격음 차단성능 측정 방법인 ISO 10140-5<sup>(6)</sup>에 표준 중량충격원으로 규정되었으며, 현장에서의 바닥충격음 차단성능 측정방법인 ISO/CD 16283-2<sup>(6)</sup>에도 포함되어 있다. 고무공 충격원은 2000년 일본에서 개발되어 JIS A 1418-2<sup>(7)</sup>에도 표준 중량충격원으로 규정되어 있다. 향후 새롭게 KS에 추가된 고무공 충격원이 표준 중량충격원으로 국제적으로 사용될 것으로 예상된다.

고무공 충격원과 관련하여서는 우리나라 및 일본에서 많은 연구가 이루어 졌으며, 이 글에서는 관련 연구결과를 종합하여 보고하고자 한다. 표준 중량충격원의 특성을 비교하기 위해 실제 충격원의 특

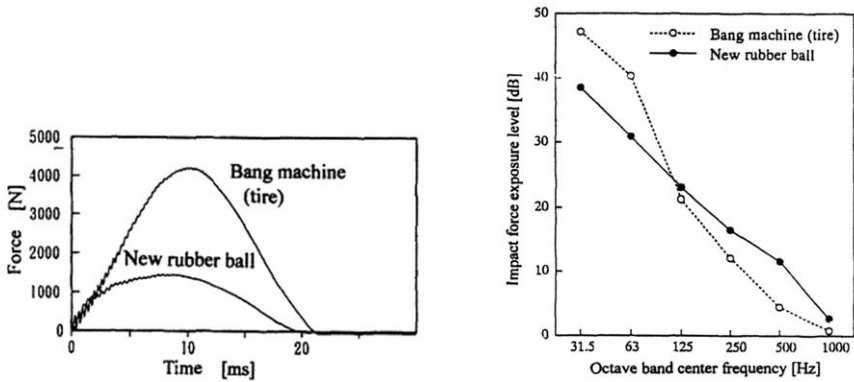
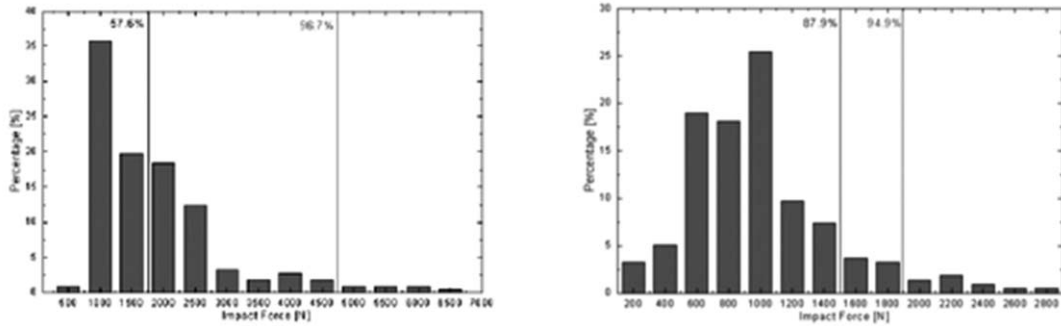


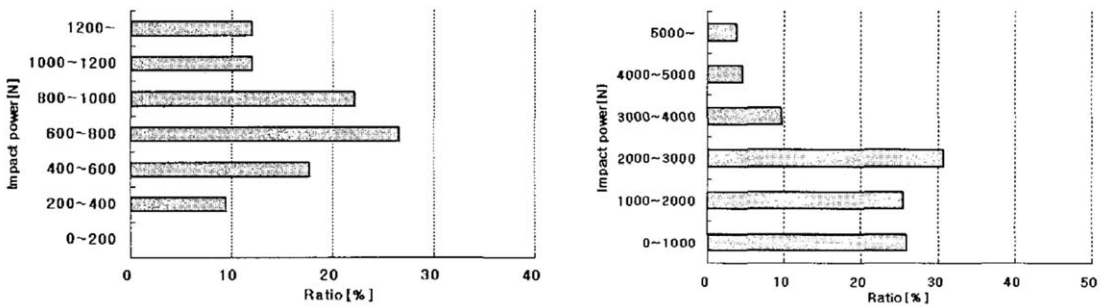
그림 3 고무공 충격원과 뱅머신의 충격력 특성



(a) 어린이가 의자에서 뛰어내리는 경우

(b) 어린이가 달리는 경우

그림 4 실제 충격원의 충격력 분포(1)



(a) 어린이가 달리 경우

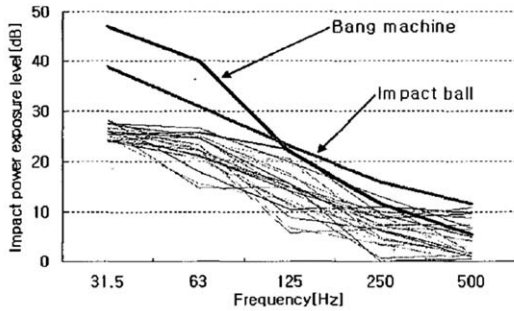
(b) 어린이가 뛰는 경우

그림 5 실제 충격원의 충격력 분포(2)

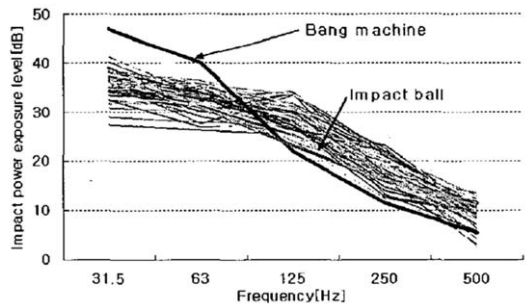
성 조사에 대한 연구가 수행되었다. 실제 충격원의 특성 중 어린이의 뛰고 달리는 충격원에 대한 충격력조사 결과<sup>(8,9)</sup> 그림 4에서와 같이 어린이가 의자에서 뛰어 내리는 경우 대부분 2,500 N이하인 것으로 나타났으며, 어린이가 달리는 경우는 1,800 N이하

의 경우가 95%를 차지하는 것으로 나타났다.

어린이의 뛰고 달리는 충격력에 대한 다른 조사 결과(그림 5)에서도 어린이가 달리는 경우의 충격력은 600 N~800 N에 주로 분포하였으며, 뛰어 내리는 경우의 충격력은 2,000 N~3,000 N에 주로 분포



(a) 어린이가 달리는 경우



(b) 어린이가 뛰는 경우

그림 6 실제 충격원의 충격력 주파수 특성

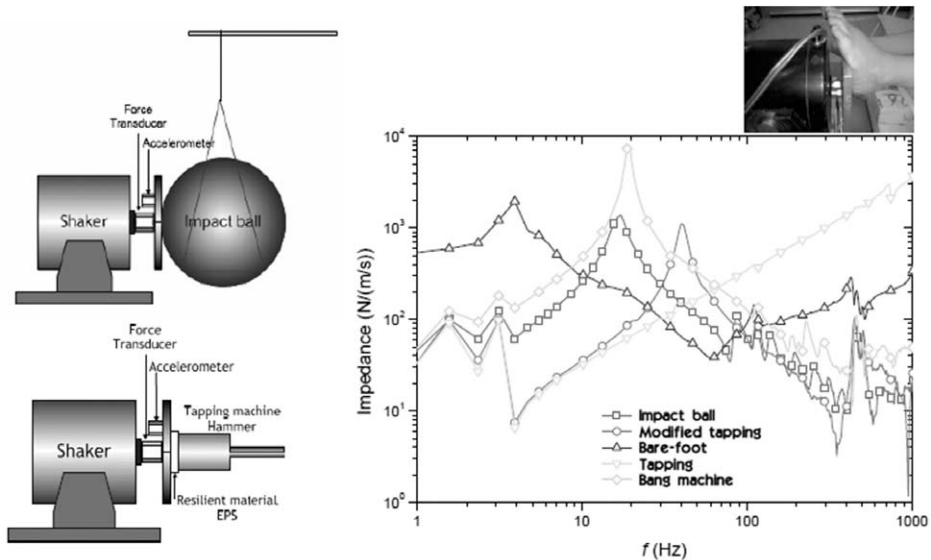


그림 7 충격원의 임피던스 비교

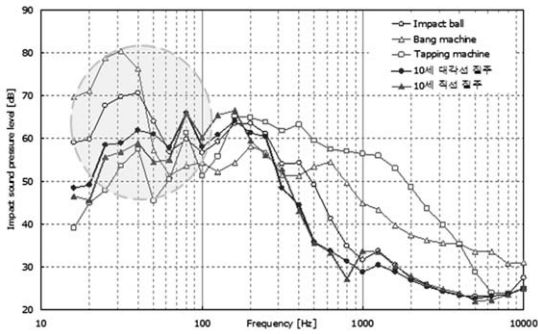
하여 달리기 보다는 뛰어 내릴 경우의 충격력이 높은 것으로 나타났다. 위의 연구결과 실제 어린이가 뛰고 달리는 충격력은 고무공 충격원에 더 가까운 것을 알 수 있다.

실제 충격원과 표준 충격원의 물리적 특성에 대하여 비교한 연구결과 그림 6 및 7과 같다<sup>(8,9)</sup>. 그림 6에서와 같이 어린이가 달리는 경우의 충격력 폭로 레벨은 뱅머신의 폭로레벨 주파수 특성 보다 대부분 주파수에서 낮으며, 뛰어 내릴 때의 충격력 폭로 레벨은 뱅머신 보다 31.5 Hz~63 Hz는 낮고, 125 Hz 이상에서는 높은 레벨을 갖는 것으로 나타났다. 어린이와 뱅머신의 충격력 폭로 레벨은 상이한 것으로 나타났으며, 고무공 충격원의 충격력 폭로레벨

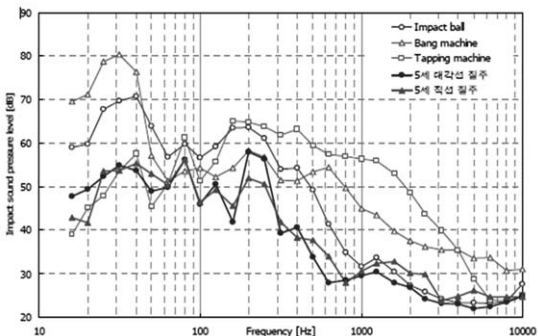
은 뱅머신 보다 어린이 충격력 폭로 레벨과 유사한 것으로 나타났다. 이상의 결과에서와 같이 실제 충격음의 주파수 특성과 유사한 특성을 갖는 충격원은 고무공 충격원으로 나타났다.

충격원의 물리적 특성 중에서 임피던스를 비교한 결과<sup>(10)</sup> 그림 7에서와 같이 고무공 충격원이 가장 유사한 경향 및 임피던스 레벨 차이를 갖는 것으로 나타났다. 또한 거주 상태의 공동주택에서 실제 충격음과 뱅머신, 고무공 충격음을 측정하여 비교한 결과 그림 8과 같이 10세 및 5세 어린이가 발생시키는 충격음과 가장 유사한 주파수 특성을 갖는 충격원은 고무공 충격원으로 나타났다.

충격원의 물리적 특성 뿐만 아니라 실 거주 공간

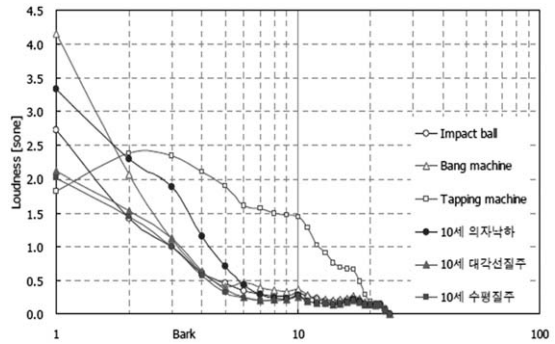


(a) 10세 어린이

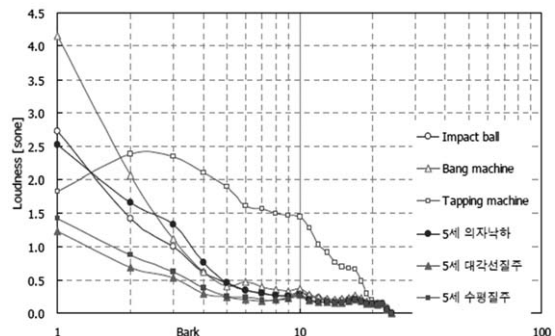


(b) 5세 어린이

그림 8 실제 충격원과 표준 충격원에 의한 충격음 주파수 특성 비교



(a) 10세 어린이



(b) 5세 어린이

그림 10 실제 및 표준 충격음의 라우드니스 비교

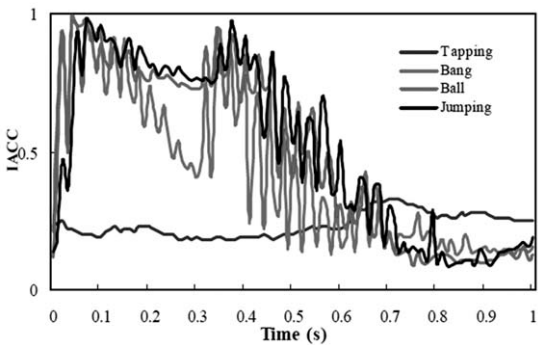


그림 9 실제 및 표준 충격음의 IACC 변화 비교

에서 측정된 실제 충격음과 중량충격음의 심리 음향학적 지표를 분석한 결과<sup>(11,12)</sup>는 그림 9 및 그림 10과 같다. 그림 9는 HATS(head & torso simulator)로 측정된 충격음의 IACC(inter-aural cross-correlation)을 분석한 결과를 나타낸 것이다. 뱀머신의 IACC는 충격력이 크기 때문에 수음실에서의 공간감 분표의 변화가 크게 나타나지만 충격력이 실제 충격

격과 유사한 고무공 충격원의 경우 실제충격음의 IACC 변화와 매우 유사한 변화 패턴을 갖는 것으로 나타났다.

그림 10은 실제 충격음과 중량충격음의 라우드니스를 비교하여 나타낸 것이다<sup>(11)</sup>. 라우드니스 비교 결과 고무공 충격음의 라우드니스는 10세 어린이가 발생시키는 충격음 및 5세 어린이가 의자서 뛰는 경우의 라우드니스 특성과 유사한 특성을 갖는 것으로 나타났다.

이상의 결과에서와 같이 충격원의 물리적 특성, 충격음의 주파수 특성 및 심리음향학적 지표 비교 결과 고무공 충격원이 실제 충격음의 재현성이 뱀머신보다 우수한 것으로 나타났다.

고무공 충격원을 이용한 바닥충격음 발생은 1 m 높이에서 측정자에 의해 자유낙하 시킨다. 뱀머신의 경우 기계장치를 이용하여 가진하기 때문에 반복성을 향상시키고 있지만, 고무공 충격원의 경우가진이 측정자에 의해 수행되기 때문에 가진 높이에 따른 충격음 레벨 및 고무공의 충격면에 의한 변

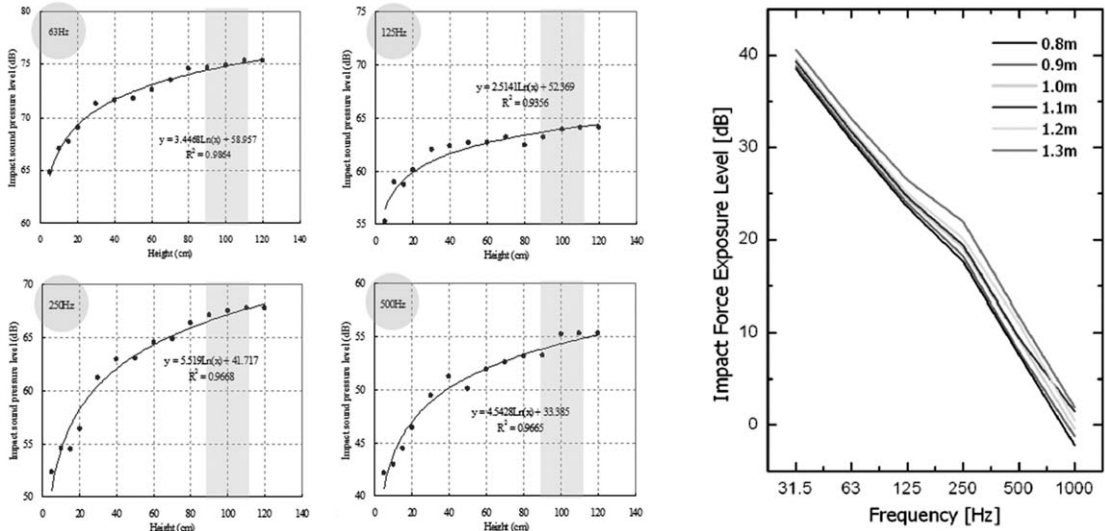


그림 11 고무공 충격원의 가진 높이별 충격음 레벨 변화

표 8 고무공 충격원의 낙하 부위별 충격력 폭로 레벨 비교

주파수	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz
사양서	39.0(±1)	31.0(±1.5)	23.0(±1.5)	18.0(±2)	12.5(±2)
구멍 위 낙하	38.9	30.6	23.1	19.9	13.9
구멍 아래 낙하	39.0	31.1	23.5	19.6	13.9
측면 낙하	38.5	30.3	22.9	18.8	13.4

화 연구결과는 그림 11과 같다<sup>(8,13)</sup>. 표 8은 고무공 충격원의 높이 변화에 따른 각 주파수 대역별 충격음 레벨 변화를 나타낸 것이다. 충격음 레벨 비교결과 1 m를 기준으로 10 cm 범위에서의 변화는 각 주파수 대역 및 단일 수치 평가량으로 1 dB 미만의 차이가 발생하는 것으로 나타났다. 보다 정확한 바닥충격음 차단성능 측정을 위해서는 추가적으로 고무공 충격원의 가진 높이를 정확하게 유지하여 가진할 수 있는 보조 장치 등의 개발 필요성은 있는 것으로 판단된다.

고무공 충격원의 형태는 속이 비어 있는 중공구의 형태로, 고무공이 가진되는 순간에 고무공 내부의 공기를 외부로 배출시키기 위한 편홀이 고무공 충격원 상부에 있다. 또한 고무공 충격원은 두 개의 반구를 접합하여 구성한다. 이와 같은 두 가지 이유로 인해 고무공 충격원의 가진 면에 따른 충격력 및 충격음 레벨이 변화되는지에 대하여 비교하였다(표 8 참고).

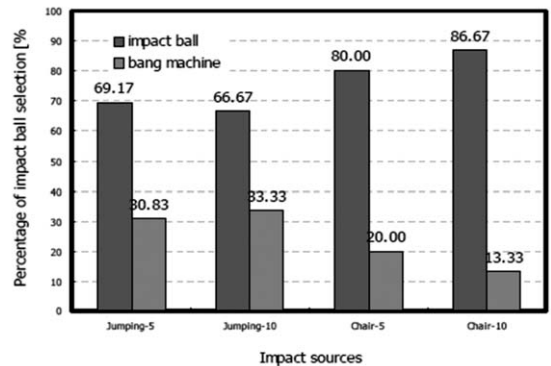


그림 12 실제 충격음과 유사한 표준 충격음 선택 청감실험 결과

그림 12는 거주 상태에서 녹음한 어린이의 충격음과 동일세대에서 녹음된 뱅머신 및 고무공 충격음을 피험자에게 들려주고 실제 충격음과 유사한 충격음을 선택하게 한 청감실험 결과이다<sup>(8,11)</sup>. 그림 12에서와 같이 대부분의 피험자들이 고무공을 실



제 충격원과 유사한 충격음으로 선택하였다.

이상의 고무공 충격원에 대한 연구결과에서와 같이 기존에 사용하던 뱅머신 보다 고무공 충격원이 실제 충격음 재현성이 높다는 것을 알 수 있다.

### 3. 바닥충격음 관련 표준화 현황

바닥충격음과 관련된 국제 표준의 제·개정은 ISO/TC 43/SC 2/WG 18 Sound Insulation을 중심으로 이루어지고 있다. 2010년 ISO 140 시리즈의 재편성 과정에서 실험실에서의 바닥충격음 측정방법과 관련 표준이 ISO 10140-3, 5로 바닥충격음 측정 방법과 충격원으로 구분되어 규정되었다. ISO 10140-5에는 고무공 충격원이 부속서 F(참고)에 표준 중량 충격원으로 규정되었다.

현장에서의 바닥충격음 측정 방법인 ISO/CD 16283-2 Acoustics - Field measurement of sound insulation of buildings and of building elements - Part 2 : Impact sound insulation이 ISO/TC 43/SC 2/WG 18에서 제정 중에 있으며, 고무공 충격원이 표준 중량 충격원으로 규정될 예정이다. 이와 함께 바닥 마감재의 바닥충격음 차단성능 간이 측정 방법이 제정 중에 있는데, 이는 소형 콘크리트 바닥과 진동 가속도계를 이용하여 바닥 마감재에 의한 진동 가속도 레벨 차이를 이용하는 방법이다. 바닥충격음 측정 방법인 ISO 717-2도 개정을 추진중에 있다.

우리나라의 국제 표준화 활동으로 중량충격음 측정시 수음실 음장 보정 방법이 2012년 ISO/NP 10140-3 Amd.2로 채택되어 관련 표준안(WD) 수립을 위한 연구가 진행 되고 있다. [KSNVE](#)

### 참고문헌

- (1) Rasmussen, B., 2010, Sound Insulation between Dwellings - Requirements in Building Regulations in Europe, Applied Acoustics, Vol. 71, No. 4, pp. 373~385.
- (2) KS F 2810-1:2011 바닥충격음 차단성능 현장 측정방법-제1부:표준 경량충격원에 의한 방법.
- (3) KS F 2810-2:2012 건축물의 바닥충격음 차단 성능 현장 측정방법-제2부:표준 중량충격원에 의한 방법.
- (4) KS F 2865:2012콘크리트 슬래브위 마감구조의 경량충격음 저감량 실험실 측정방법.
- (5) ISO 10140-5:2010 Acoustics - Laboratory Measurement of Sound Insulation of Building Elements - Part 5: Requirements for Test Facilities and Equipment.
- (6) ISO/CD 16283-2 Acoustics -- Field Measurement of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements -- Part 2: Impact Sound Insulation.
- (7) JIS A 1418-2 : 2000 Acoustics-Measurement of Floor Impact Sound Insulation of Buildings - Part 2 : Method using Standard Heavy Impact Sources.
- (8) 지식경제부, 2005~2008, 임팩트 볼에 의한 바닥충격음 측정기술 및 시험평가기술 표준화에 관한 기술개발.
- (9) 김경우, 최경석, 정영선, 양관섭, 2005, 실충격원(어린이)의 충격 발생행위에 따른 충격력 특성에 관한 연구, 한국소음진동공학회논문집, 제15권, 제 5호, pp. 542~549.
- (10) Jeon, J. Y. et al., 2006, Review of Impact Ball in Evaluating Floor Impact Sound, Acta Acustica united with Acustica, Vol. 92, No. 5, pp. 777~786.
- (11) 정정호, 전진용, 2005, 임팩트 볼을 활용한 바닥충격음 측정 및 평가, 한국소음진동공학회 논문집, 제15권, 제10호, pp. 1160~1168.
- (12) Jeon, J. Y. and Jeong, J. H., 2002, Objective and Subjective Evaluation of Floor Impact Noise, Journal of Temporal Design in Architectural and the Environment, Vol. 2, No. 1, pp. 20~28.
- (13) 정정호, 전진용, 2004, 바닥충격음 평가를 위한 Impact Ball의 특성 및 주관적 반응, 대한건축학회 학술발표논문집, 제24권, 제1호, pp. 617~620.