

공동주택 중량바닥충격음 현장측정을 통한 차단성능 평가방법의 비교검토 연구

A Study of Rating Method Comparison for Heavy-weight Floor Impact Sound based on the Field Test Data in Apartment Houses

신 훈* 백 건 종** 국 찬*** 송 민 정**** 김 선 우*****
Shin, Hoon Back, Geon Jong Kook, Chan Song, Min Jeong Kim, Sun Woo

Abstract

Heavy-weight floor impact sound insulation performance criteria have been effective in Korea since the regulation which enforces the standard thickness of slabs in domestic apartment houses should be constructed by 180mm or 210mm was adopted. But every slab does not satisfy this criteria. So, review on existing floor impact sound insulation performance is needed to propose some basic materials for the revision of rating method. To achieve this goal, 63 field test data were checked and analyzed.

The results of this study are as follows ; 1) The 210mm thickness slab has the characteristics of deeper level decrease above 120Hz frequency band than that of 180mm thickness slab's. 2) 27.5% of 180mm thickness slabs were satisfied the floor impact sound insulation performance criteria, whereas 65% of 210mm slabs do. 3) Among the main contribution frequency bands for the determination of single rating index, 63Hz was shown as the most contributive band in 210mm slabs. 4) In comparison of single rating index between bang machine test and ball test. there is a big difference between the two and this phenomenon is frequent in 210mm slab results. 5) Rating Methods for the analysis of cross-correlation between the amount of rating, the usefulness of the arithmetic mean could be secured.

키워드 : 현장측정, 중량바닥충격음, 평가방법

Keywords : Field test, Heavy floor impact sound, Rating of impact sound insulation performance

1. 서 론

공동주택은 가용 국토 면적의 협소로 인한 토지의 효율적 이용과 부족한 주택을 단기간에 보급할 수 있다는 주택공급의 용이성, 그리고 생활의 편의성을 추구하는 국민 의식의 변화, 주택을 하나의 재산증식수단으로 인식한 투기열풍 등 여러 가지 이유로 인하여 1980년대 이후 급속하게 증가하여 현재의 우리나라에 보급된 총 주택 수 중 50% 이상을 차지하고 있다. 이와 같이 공동주택은 도시나 농촌 등 지역에 관계없이 하나의 대표적 주택유형으로서 자리를 차지하고 있으나 공동주택이 지니고 있는 특성, 즉, 다수의 세대가 한 장의 벽과 바닥을 사이에 두고 생활하는 거주형태로 인해 이웃간에 불화가 발생하는

일이 종종 있으며, 그 중에서 대표적인 것이 소음으로 인한 것이다.

또한 공동주택 내부에서 발생하는 소음에 대한 관심은 정온한 삶에 대한 국민적 요구가 증대됨에 따라 지속적으로 높아지고 있다. 특히 바닥충격음은 공동주택 거주자들이 내부 소음환경을 평가하는데 가장 중요한 소음으로 인식되고 있으며, 이에 대한 민원과 피해 사례가 끊이지 않는 실정이다.¹⁾ 이에 따라 정부는 바닥충격음의 규제기준과 주택성능표시제도를 2004년 4월 22일에 “주택건설기준 등에 관한 규정 제14조 제3항”의 규정(공동주택의 바닥은 각 층간의 바닥충격음을 충분히 차단할 수 있는 구조로 하여야 한다)을 구체적인 성능기준으로 개정하여 바닥충격음의 성능기준을 공포하였으며, 1년의 유예기간을 거친 후 2004년 4월 22일 이후에 사업승인 신청을 하는 공동주택부터 경량충격음에 대한 기준만 먼저 시행하고, 중량충격음에 대한 차단성능은 2005년 7월 1일부터 시행하고 있어 모든 공동주택이 지켜야 하는 바닥충격음의

* 전남대학교 건축공학과 박사수료(hoonshin@gmail.com)

** 동신대학교 건축학공학과 박사과정(kunjong00@nate.com)

*** 동신대학교 조경학과 교수(kookchan@dsu.ac.kr)

**** 전남대학교 바이오하우징연구소장 전임연구원

(minjenongsong@hanmail.net)

***** 교신저자, 전남대학교 건축학부 교수(swk@chonnam.ac.kr)

1) 환경통계연감(제22호), 중앙환경분쟁조정위원회 통계연감, 2009

최소 기준(경광 : 58dB, 중량 : 50dB)이 확정되었다.²⁾

또한 관련 연구를 통해 현행 사용되는 공법과 재료 등을 바탕으로 표준바닥구조가 제안되었으며 이 표준바닥구조는 현재 시공되고 있는 바닥구조의 주종을 이루고 있다.

하지만 바닥충격음에 대한 법제화가 시행된 이후에도 사람의 보행, 어린이 뛰고 달리는 행위 등의 부드럽고 무게 있는 충격에 대응하기 위해 표준 중량충격원으로 정하고 있는 뱀머신(bang machine)이 실제 충격력보다 충격력이 과다하고, 그로 인해 구조적 공진모드를 일으켜 측정결과를 왜곡 평가하고 있다는 문제가 꾸준히 제기되어 왔다.³⁾⁴⁾ 또한 기존의 평가방법이 거주자의 생활감을 적절히 반영하지 못한다는 연구결과도 있어 다각적인 평가방법의 검토가 필요하다.

이제 시행 5년이 지난 시점에서 210mm 슬래브 바닥구조가 대중화됨에 따라 현장측정 자료를 통해 현행 평가방법의 합리성과 법적기준의 적절성 등을 재검토할 시점에 이르렀다고 판단된다.

이에 본 연구에서는 현장에서 측정된 중량바닥충격음 결과(bang machine, impact ball)를 바탕으로 현재의 바닥충격음 차단성능 현황을 분석하였다. 이를 통해 현행 평가방법의 문제점과 향후 현행 역 A특성 곡선을 이용한 단일수치 평가방법과 각종 평가량을 비교 분석을 통해 바닥충격음 차단성능 평가방법 등의 근거자료를 제공하고자 한다.

2. 바닥충격음 현장측정 구조 및 평가방법

2004년도의 연구 당시에 측정된 다수의 구조가 슬래브와 온수배관이 매립된 마감모르타르층 중간에 기포콘크리트만 타설이 되어 있고, 단열재나 단열 완충재가 사용되지 않는 구조였다. 또한 측정 대상 구조의 슬래브 두께가 135~150mm 사이가 대부분이었고, 슬래브 두께가 두꺼운 바닥이 없는 제한된 상황에서 적은 수량의 샘플만을 대상으로 측정된 평균값의 추세선으로⁵⁾ 보아 중량바닥충격음을 차단할 수 있는 표준바닥구조안을 채택한 상황이었다. 따라서 법제화가 시행된 5년이 경과된 시점에서 210mm 슬래브 바닥구조가 대중화됨에 따라 중량바닥충격음의 평가방법의 합리성, 법적기준의 적절성 그리고 각종 평가량을 비교 분석하였다. 이를 통해 현행 평가방법의 개선방안을 모색하고자 하였다.

표 1. 현장측정 실험구조

No.	거실체적 (m ³)	경량기포 (mm)	마감물달 (mm)	완충재 (mm)	슬래브 (mm)	마감재
1	90.2	50	40	20	180	맨바닥
2	90.2	50	40	20		맨바닥
3	90.2	50	40	20		맨바닥
4	90.2	50	40	15		마루
5	90.2	50	40	20		맨바닥
6	37.7	40	35	30		장판지
7	35.4	50	40	20		마루
8	35.4	50	40	20		마루
9	35.4	50	40	20		마루
10	33.2	50	40	20		마루
11	48.2	50	40	20		마루
12	52.4	50	40	20		마루
13	65.0	40	40	25		맨바닥
14	68.1	50	40	20		마루
15	70.9	50	40	20		마루
16	86.9	40	40	25		맨바닥
17	70.2	50	40	20		마루
18	70.2	50	40	20		마루
19	59.5	50	40	20		마루
20	60.9	50	40	20		마루
21	68.1	50	40	20		마루
22	141.7	50	40	20		마루
23	51.7	40	40	30		마루
24	51.7	40	40	30		마루
25	51.7	40	40	30		마루
26	52.3	40	40	20		마루
27	60.5	40	40	20		마루
28	55.5	50	40	20		마루
29	65.4	50	40	20		마루
30	70.9	60	40	20	210	마루
31	70.9	60	40	20		마루
32	70.2	50	40	20		마루
33	71.0	50	40	20		마루
34	71.0	50	40	20		마루
35	77.9	40	40	20		p-tile
36	69.1	40	40	20		p-tile
37	50.2	50	40	20		마루
38	50.7	50	40	20		마루
39	62.1	50	40	20		마루
40	52.4	50	40	20		마루
41	35.5	35	40	20		마루
42	45.4	40	40	20		마루
43	76.3	50	40	20		마루
44	65.5	50	40	20		마루
45	54.4	40	40	20		마루
46	54.4	40	40	20		마루
47	71.8	40	40	20		p-tile
48	79.1	40	40	20		p-tile
49	94.3	35	40	20		마루
50	63.9	40	40	20		마루
51	40.3	50	40	20		장판지
52	67.4	40	40	20		마루
53	67.9	40	40	20		마루
54	73.9	50	35	20		마루
55	51.2	50	40	20		마루
56	51.2	40	40	20		마루
57	65.6	50	40	20		장판지
58	52.2	40	40	20		마루
59	60.5	50	40	20		마루
60	60.5	50	40	20		마루
61	48.8	40	40	20		마루
62	68.5	50	40	20		마루
63	68.5	50	40	20		마루

※ 음영부분-뱀머신과 임팩트볼 동시에 측정 현장

2) 건설교통부, 공동주택 바닥충격음 차단구조인정 및 관리기준, 건설교통부고시 제2006호-435호, 2006
 3) 전진용, 이평직, 정정호, 박준홍 “바닥충격음 측정용 표준충격원과 실충격원의 특성 비교”, 한국소음진동공학회논문집, pp. 789~796, 2006
 4) 신훈, 백건중, 송민정, 장길수, “새로운 충격원 도입 검토를 위한 임팩트 볼과 뱀머신의 바닥충격음 레벨 분포 특성 연구”, 한국건축친환경설비학회 추계학술발표대회, pp.215~218, 2008
 5) 건설교통부, 한국건설교통기술평가원, 공동주택 바닥충격음 완화를 위한 표준바닥구조의 설계·시공기술 및 활용방안 연구, pp. 202~207, 2004

2.1 측정개요

기존 공동주택의 바닥충격음 차단성능을 파악하기 위해 마감공사가 완료된 입주 전 신축 공동주택 거실에서 바닥충격음을 측정 평가하였다.

측정은 슬래브 두께별⁶⁾ 기준으로 법제화 이후 가장 많이 시공되고 있는 바닥 슬래브 두께 180mm와 210mm를 선정하여 공동주택 63세대의 바닥충격음 차단성능을 측정 비교하였다.

표 1은 측정세대별 현장 구조를 나타내고 있다.

2.2 측정방법

바닥충격음 측정은 2001년 6월 19일에 개정 및 제정된 새로운 규격 KS F 2810-2 [바닥충격음 차단성능 현장측정방법] 기준으로 측정하였다. 그 외 세부사항은 건설교통부고시 제2006-435호 [공동주택 바닥충격음 차단구조인정 및 관리기준]에 준하여 측정하였다.⁷⁾

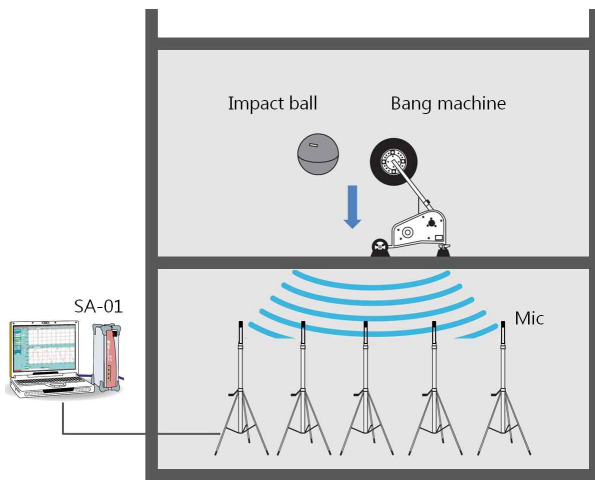


그림 1. 대상구조 측정방법 및 위치

측정장비는 다음과 같다.

- 마이크로폰 : SV MI17 - 에스브이
- 주파수분석장치 : SA-01 (AS-20PE4) -Rion
- Sound source : B&K Type 4224 - B&K
- 충격음 발생기 : Bang Machine - 일본 사쓰끼사 impact ball - Rion
- 노트북 및 삼각대의 기타 부속장비

2.3 중량충격원 특성

현재 바닥충격음의 측정 및 평가규격에 기존의 뱅머신 대신 임팩트 볼을 새로운 표준 중량충격원으로 도입하려고 하는 실정이다. 이에 새로운 표준중량충격원의 도입을

6) 중량충격음은 완충재 설치유무와 평면형태가 큰 영향을 주지 않는다는 기존 연구결과에 따른 슬래브 두께에 따라 차단성능을 비교하였다. 건설교통부, 한국건설교통기술평가원, 공동주택 바닥충격음 완화를 위한 표준바닥구조의 설계·시공기술 및 활용방안 연구, pp. 161~173, 2004
 7) 한국표준협회(2000), KS F 2810-2 바닥충격음 차단성능 현장 측정방법-제2부:표준 중량충격원에 의한 방법

위한 측정 및 평가방법의 검토가 필요한 시점이다. 따라서 본 연구에서는 실제 시공된 공동주택에서 슬래브 두께별 측정된 중량바닥충격음 결과를 바탕으로 중량충격원별 바닥충격음 차단성능 특성을 비교 분석하여 도입이 논의 중인 임팩트 볼에 대한 중량충격원의 유용성 평가에 기초자료를 제공하고자 한다.

중량충격원별 바닥충격음 차단성능 특성 비교는 표 1 중에서 표준중량충격원인 뱅머신과 임팩트 볼을 동시에 측정된 곳을 선정하였습니다. 선정된 공동주택은 슬래브 두께 180mm 18개소와 슬래브 두께 210mm 22개소의 거실에서 측정된 중량충격음 차단성능을 비교하였다.

측정에 사용된 충격음원으로는 현재 KS 표준 충격원인 뱅머신(bang machine)과 일본에서 JIS A 1418-2에 충격력 특성(2)을 갖는 표준중량충격원인 임팩트 볼(impact ball)을 이용하여 측정하였다.

표 2는 본 실험에 사용된 중량충격원 뱅머신과 임팩트 볼의 특성을 비교 한 것이다.

표 2. 뱅머신과 임팩트볼의 특징 비교

구분	뱅머신(타이어)	임팩트볼*
무게	타이어: 7.3±0.2kg Bang machine : 20kg	2.5±0.1kg
반발계수	0.8±0.1	0.8±0.1
형태 및 특징	공기압 : (2.4±0.2)×105Pa	직경 : 180mm 중공구 30mm / 실리콘
낙하높이	0.85m	1m
충격력	4500N	1500N
장비조작	설치 및 조립 필요	자유낙하
필요인원	3~4명(1 팀)	2명
전력	필요	불필요
유지관리	타이어 공기압 측정 및 기계장치 유지 보수	불필요

* 본 연구에서 사용된 임팩트 볼은 2001년 일본에게 처음 개발된 것으로, 이는 현재 JIS A 1418-2의 규격을 만족하며, 기존 임팩트볼의 재료가 SBR(styrene butadiene rubber)이었으나, 온도변화에 따라 충격력의 변화가 발생하는 것으로 나타나⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾ 이를 보완하기 위해 온도 의존성이 낮은 실리콘 고무를 사용하여 새롭게 개발된 임팩트 볼을 사용하였다.

3. 바닥충격음 차단성능 현황분석

3.1 대상구조의 주파수 특성 비교

8) Abe, K., Inoue, K. and Yasuoka, M., "Dependence on Temperature of Impact Force Characteristics in Standard Heavy Impact Sources. Part:1 Equipment and Techniques of Experiments", Proceeding of Architectural Institute of Japan, pp.141~142, 1999
 9) Yasuoka, M., Inoue, K. and Abe, K., "Dependence on Temperature of Impact Force Characteristics in Standard Heavy Impact Sources. Part:2 Study on Experimental Results", Proceeding of Architectural Institute of Japan, pp.143~144, 1999
 10) Inoue, K., Abe, K. and Yasuoka, M., "Dependence on Temperature of Impact Force Characteristics in Standard Heavy Impact Sources. Part:3 Study on Floor Impact Sound", Proceeding of Architectural Institute of Japan, pp.145~146, 1999

그림 2는 슬래브 두께 슬래브 두께 180mm와 210mm의 측정 거실에 대한 바닥충격음 주파수 특성이다.

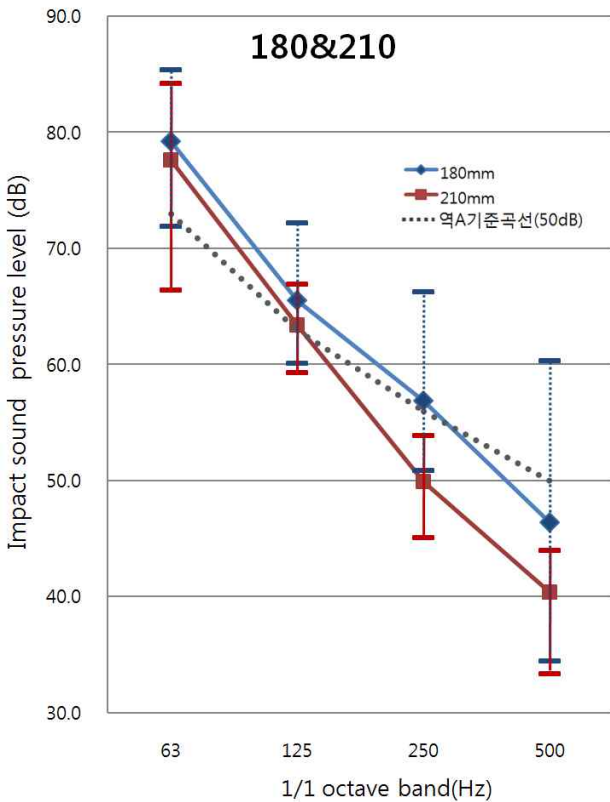


그림 2. 슬래브 두께별 평균치 비교(bang machine)

슬래브 두께 180mm의 전체적인 주파수 대역 분포상황을 살펴보면 63Hz 대역에서 가장 높고 주파수가 높아 갈수록 측정 레벨이 역 A곡선과 비슷한 형태를 보이는 전형적인 중량 충격음 레벨 특성을 보여주고 있다. 구체적으로는 저주파 대역인 63Hz에서 73~86dB 높은 충격레벨을 보이며 125~250Hz에서 조금 레벨이 떨어지다가 500Hz에서 바닥충격음 레벨이 떨어지는 경향을 보이고 있다. 역 A특성 기준곡선(50dB)과 비교해 보면 63Hz, 125Hz 대역에서는 충격음 기준곡선을 다른 대역에 비해 크게 상회하고 있어 이러한 주파수 대역에 대한 대비가 필요할 것으로 보인다.

바닥 구조체의 두께를 늘린 슬래브 두께 210mm의 측정된 주파수 특성을 살펴보면, 저주파수에서 고주파수 대역으로 갈수록 바닥충격음 측정 레벨이 급격하게 떨어지는 경향을 보이고 있다.

또한 역 A특성 기준곡선(50dB)과 비교시 63Hz 대역에서 충격음이 기준곡선 값을 많이 상회하고 있음을 알 수 있다. 이는 63Hz 대역이 슬래브의 공진주파수 대역이기 때문에 나타난 현상으로 판단된다.

슬래브 두께 180mm와 210mm를 비교해 보면, 63Hz와 125Hz에서의 충격력 레벨 차이는 1~3dB로 매우 미미하게 차이를 보이고 있다. 하지만 250Hz와 500Hz 대역에서는 슬래브 두께 차이에 의해서 측정 레벨이 크게 차이가

있는 것으로 나타났다. 즉, 63Hz 대역에서는 단순하게 슬래브 두께 증가 등으로 차단성능의 개선이 많이 이루어지지 않는다는 것을 알 수 있다.

3.2 대상구조의 단일수치량 분포

본 연구에서 측정된 대상 슬래브 두께별 단일수치량 분포를 살펴보면 그림 3, 그림 4와 같다.

그림 3의 슬래브 두께 180mm를 살펴보면, 평면형식, 실 현장, 구속조건, 시공정도 등 다양한 요인에 영향을 받고 있어 측정결과에 매우 큰 편차를 나타내고 있다. 다만, 중량바닥충격음은 슬래브 조건에 의해서 크게 좌우되므로 다른 조건을 대동소이하다고 판단하고 슬래브 두께 조건에 따른 비교분석을 행하였다. 그림에서 현행 바닥충격음 중량충격음의 최소 기준치 50을 만족하는 비율이 전체 29개소에서 8개소로 약 27.5%가 차단성능을 만족하고 있다.

특히, 바닥충격음 저감을 위해 슬래브와 경량기포 콘크리트 사이에 충격음 저감재(완충재)를 설치하는 것이 일반적인 대책으로 알려져 있다. 하지만 슬래브 두께 180mm의 경우 바닥슬래브 뿐 아니라 벽체 등을 통해 충격력이 전달되고, 경량충격음과는 달리 중량충격음에 대해서는 바닥충격음 완충재로는 저감효과를 기대하기 어려워 현행 법적 기준을 만족하기는 매우 어렵다고 할 수 있다.

현재의 법 기준 만족을 위하여서는 슬래브 두께의 증가, 구조형식의 개선에 상당한 노력을 기울여야 하지만 필연적으로 공사비 증가로 이어질 가능성이 매우 크다고 할 수 있다.

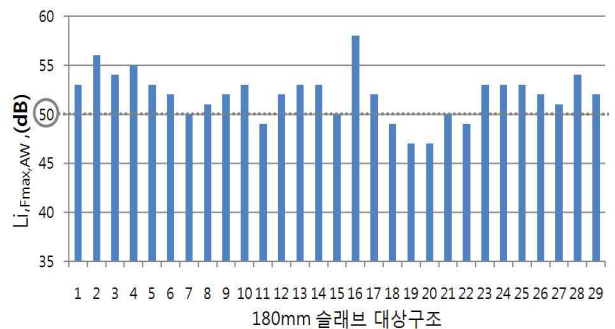


그림 3. 슬래브 두께 180mm의 단일수치 분포 (bang machine)

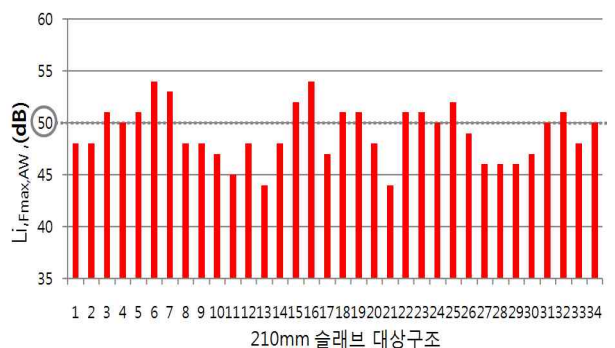


그림 4. 슬래브 두께 210mm의 단일수치 분포 (bang machine)

그림 4는 바닥충격음 저감을 위하여 최근에 대부분의 공동주택에서 시공되어지는 슬래브 두께 210mm의 단일 수치량 분포를 나타내고 있다. 전체 34개소 바닥충격음 측정 현장에서 현재의 바닥충격음 차단성능의 최소 기준치 50dB를 만족하는 대상구조는 21개소로 약 65%가 차단성능을 만족하고 있다.

슬래브 두께 180mm에 대비하여 바닥슬래브 두께가 증대됨에 따라 바닥충격음 차단성능이 향상되는 것으로 나타나지만, 측정대상 모두 법적 기준을 100% 만족한다고 보장하기 어려울 것으로 판단된다.

이는 향후 공동주택이 분양되어 입주했을 때, 하자분쟁 발생의 가장 큰 요인으로 작용하여 차단성능의 기준의 적정성 및 평가방법의 합리성 그리고 책임소재 등의 논란이 예상된다. 또한, 슬래브 두께의 증가 등 과도한 설계로 인해 건설사, 소비자 모두에게 큰 부담으로 작용할 것으로 판단된다.

3.3 각 주파수 대역의 단일수치평가량 기여정도

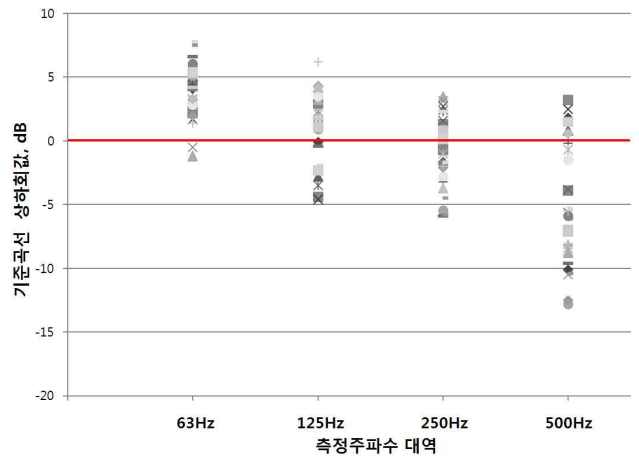
중량충격음은 슬래브 조건에 의해서 평가량이 변화하므로 슬래브 두께에 따른 단일수치평가량을 비교분석하였다. 본 연구에서는 현재 KS F 2810-2에 의해서 측정된 “바닥충격음 레벨”(Li,Fmax)을 역 A특성 곡선을 이용한 가중법으로 평가한 결과인 “역 A특성 가중 바닥충격음레벨”(Li,Fmax,Aw)에 영향을 주는 결정주파수 대역을 파악하기 위해 역 A특성 곡선의 기준곡선을 상회하는 63, 125, 250, 500Hz 대역의 값을 대상구조별로 파악하여 그림 5와 같이 분류하였다.

그림 5의 a) 슬래브 두께 180mm에서 알 수 있듯이, 중량충격음을 측정하는 주파수 대역에서 기준곡선을 상회하는 값들이 63, 125, 250, 500Hz에서 다양하게 분포되어 있지만 단일수치평가량에 기여하는 주파수 대역은 주로 63Hz, 125Hz, 250Hz로 파악되어 단일 주파수 대역에서 평가량이 결정되어버리는 기존의 L 곡선에 의한 평가방법 대신 역 A특성 곡선을 이용한 이점이 나타난 결과라고 볼 수 있다.

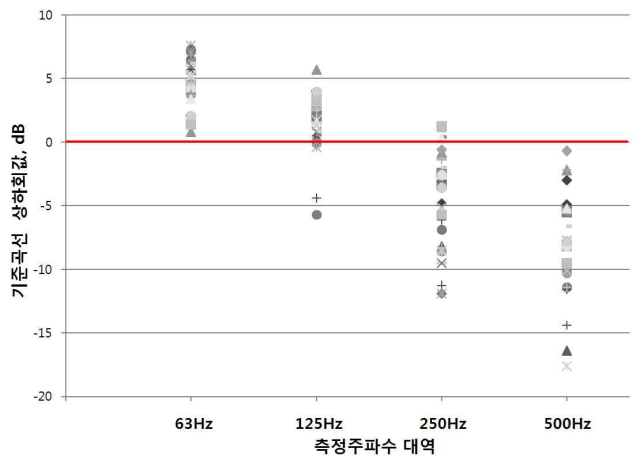
하지만 측정주파수 대역 중 63Hz 대역의 비중이 다른 주파수 대역에 다소 높은 경향을 보여 중량충격음에서 63Hz의 충격력이 크게 문제되고 있는 것을 알 수 있다.

그림 5의 b) 슬래브 두께 210mm의 경우 단일수치평가량에 기여하는 63Hz의 비율이 상대적으로 높으며, 250Hz 이상의 기여는 크지 않음을 알 수 있다.

이는 현행 KS규격에서 정하고 있는 평가방법 중 역 A특성 곡선을 이용한 단일수치 표기방법은 특정 주파수 대역에서 성능이 결정되는 일본의 L 등급과는 달리 4개의 주파수에 대해 기준곡선을 상회하는 값의 합이 8dB이하가 되도록 평가 하고 있어 특정 주파수에서의 영향을 적게 하려는 목적을 가지고 있음에도 불구하고 63Hz 주파수 대역의 충격음 레벨이 현저히 높아 단일수치평가량에 크게 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 이는 현행 평가방법에 대하여 실제 거주자가 체감하는 생활감과 잘 대응하는지에 대한 검토가 필요하다고 사료된다.



a) 슬래브 두께 180mm(bang machine)



b) 슬래브 두께 210mm(bang machine)

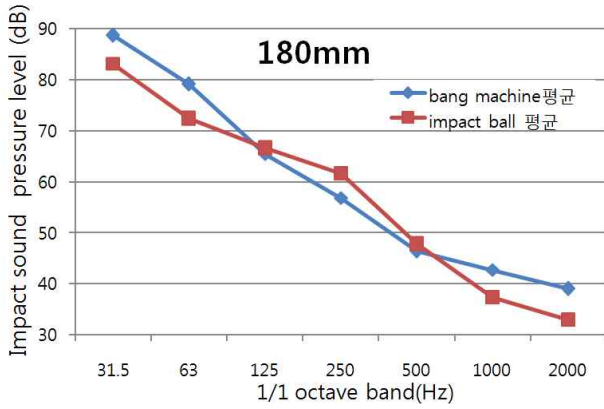
그림 5. 주파수 대역의 단일수치평가량 기여정도

4. 중량충격원별 특성

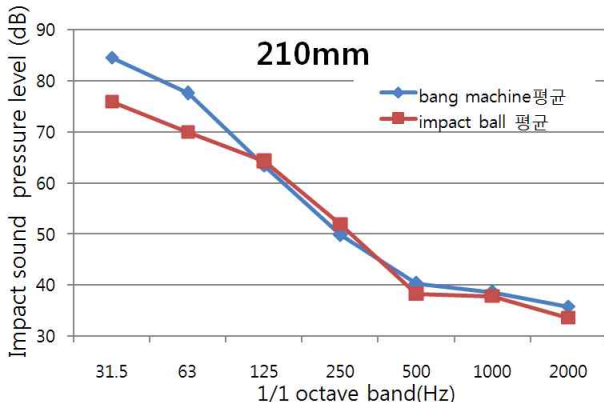
4.1 bang machine과 impact ball의 주파수 특성

현재 KS규격에서 표준충격원으로 사용되는 뱅머신과 JIS A 1418-2와 ISO 140-11에서 새로 도입된 임팩트 볼을 이용하여 중량충격음 주파수 특성을 비교하고자 하였다. 그림 6은 뱅머신과 임팩트 볼을 이용하여 슬래브 두께 180mm 18개 구조와 슬래브 두께 210mm 22개 구조의 중량충격원별 주파수 측정값을 비교한 결과이다.

그림 6에서 알 수 있듯이 슬래브 두께 180mm의 경우 뱅머신의 충격음 레벨은 63Hz에서 높으나 250Hz에서는 임팩트 볼이 보다 높게 평가되고 있다. 하지만 슬래브 두께 210mm의 경우에는 31.5, 63Hz의 레벨차이가 상대적으로 크며, 그 이상의 주파수 대역에서는 거의 유사하게 충격음 레벨이 평가되고 있다. 따라서 63Hz 대역을 중심으로 뱅머신의 충격력이 실제충격력에 비해 과대하다는 기존 연구결과에 따라 새로운 충격원의 도입뿐만 아니라 적절한 평가방법의 고려가 필요한 시점이라고 할 수 있다.



a) 슬래브두께 180mm의 충격원별 주파수 특성



b) 슬래브두께 210mm의 충격원별 주파수 특성

그림 6. 대상구조 중량충격원별 주파수 특성 비교

4.2 중량충격원별 단일수치평가량 비교

뱅머신의 충격력이 임팩트 볼에 비해 크기 때문에 단일수치 비교시 뱅머신의 경우가 높게 나오고 있으며 그 상황은 그림 7과 같다.

그림 7에서 보면, 슬래브 두께에 따라 두 개의 중량충격원별 단일수치평가량에 차이가 있음을 알 수 있다. 슬래브 두께 180mm의 경우에는 각 충격원간의 상관성은 0.75정도이고 단일수치평가량의 차이는 대략 2dB로 나타나고 있고 슬래브 두께 210mm의 경우에는 충격원간 상관성이 0.4정도로 낮아지고 단일수치평가량의 차이는 약

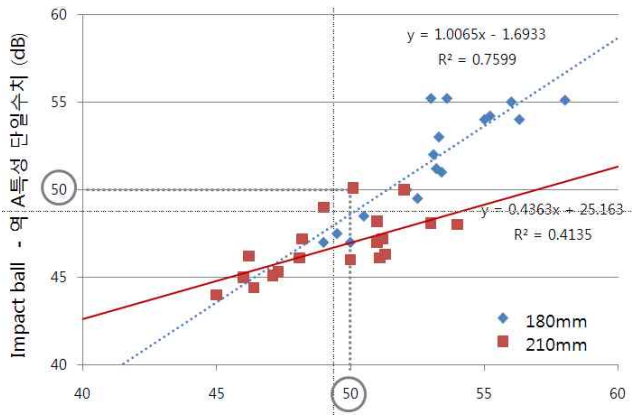


그림 7. 중량충격원별 단일수치평가량 비교

4dB로서, 슬래브 두께가 두꺼울수록 충격원에 따른 저주파수 대역의 측정결과가 성능차이에 큰 영향을 미치고 있는 것으로 사료된다. 즉, 210mm의 경우는 뱅머신의 충격력에 대해 180mm의 경우보다 저주파수대역에서 유효하게 작용하고 있기 때문이라고 할 수 있다.

이러한 결과는 향후 새로운 중량충격원에 대한 바닥충격음 기준설정시 참고자료로 활용될 수 있을 것이며 새로운 충격원 도입시 기존 데이터의 전환작업에도 참고가 될 수 있을 것으로 판단된다.

5. 바닥충격음 평가방법 유용성 고찰

앞서 현장측정 자료를 통한 중량바닥충격음 평가결과에서 나타났듯이 저주파수 대역에서 충격력이 과다하게 평가되어서 측정결과에 문제점으로 제기되어지고, 기존의 평가방법이 거주자의 생활감을 적절히 반영하지 못한다는 연구결과도 있어 다각적인 평가방법의 검토가 필요하다.

그 일환으로서 본 연구에서는 현장에서 측정된 중량바닥충격음 결과를 바탕으로 차단성능 현황과 각종 평가량을 비교 분석하였다.

본 연구에서 바닥충격음 평가는 2002년 제정된 KS F 2863-2 [건물 및 건물부재의 바닥충격음 차단성능 평가-제2부 : 표준 중량충격원에 대한 차단성능]에11) 제시되어 있는 역 A특성 곡선을 이용한 단일수치평가량(Li,Fmax,AW), 최대 A특성 음압레벨에 의한 평가량(LiA,Fmax) 그리고 최대 측정주파수 산술평균에 의한 평가량(LiFavg,Fmax)를 사용하였습니다. 추가적으로 적정 평가방법을 모색해 보고자 역 A특성 곡선의 주파수별 허용오차를 변화시켜 설정한 역 A특성 바닥충격음레벨(L)과 측정주파수를 확장한 산술평균 바닥충격음레벨(avg)을 산출하여 평가하였다. 각 평가량의 특성과 평가기호는 표 3과 같다.

표 3. 검토대상 단일수치평가량의 종류와 정의

평가기호	평가방법(dB)의 정의
LiA,Fmax	최대 A특성 바닥충격음레벨
L(0/oct.)	주파수별 허용오차를 없앤 역 A특성 바닥충격음레벨
L(1/oct.)	주파수별 허용오차를 1dB로 설정한 역 A특성 바닥충격음레벨
L(2/oct.)	역 A특성 가중바닥충격음레벨 (Li,Fmax,AW)
L(3/oct.)	주파수별 허용오차를 3dB로 설정한 역 A특성 바닥충격음레벨
L(4/oct.)	주파수별 허용오차를 4dB로 설정한 역 A특성 바닥충격음레벨
L(5/oct.)	주파수별 허용오차를 5dB로 설정한 역 A특성 바닥충격음레벨
avg(63-500)	최대측정주파수 산술평균 바닥충격음레벨 (LiFavg,Fmax)
avg(31.5-500)	측정주파수를 31.5Hz까지 확장한 산술평균 바닥충격음레벨
avg(125-500)	측정주파수 63Hz를 제외시킨 산술평균 바닥충격음레벨

11) 한국표준협회(2002), KS F 2863-2 건물 및 건물부재의 바닥충격음 차단성능 평가방법 -제2부-:표준 중량충격원에 대한 차단성능

표 4 . 중량충격원의 평가방법간 상관관계

	LiA,Fmax	L (0/oct.)	L (1/oct.)	L (2/oct.)	L (3/oct.)	L (4/oct.)	L (5/oct.)	avg (31.5-500)	avg (63-500)	avg (125-500)
LiA,Fmax	1									
L(0/oct.)	0.72	1								
L(1/oct.)	0.72	0.97	1							
L(2/oct.)	0.70	0.94	0.97	1						
L(3/oct.)	0.69	0.89	0.93	0.98	1					
L(4/oct.)	0.67	0.86	0.90	0.95	0.98	1				
L(5/oct.)	0.65	0.83	0.87	0.94	0.97	0.99	1			
avg(31.5-500)	0.81	0.82	0.86	0.90	0.92	0.94	0.95	1		
avg(63-500)	0.64	0.79	0.84	0.89	0.93	0.96	0.97	0.97	1	
avg(125-500)	0.42	0.58	0.65	0.73	0.79	0.85	0.88	0.85	0.94	1

측정대상으로 선정된 63개 구조의 중량바닥충격음 레벨에 대한 다양한 평가량을 산출하여 상관관계를 살펴보면 표 4와 같다.

바닥충격음 평가방법 중 거주자의 청감실험에서 주관적 반응과 높은 상관성을¹²⁾ 갖는 것으로 알려진 최대음압레벨(LiA,Fmax)를 기준으로 다른 평가량과의 상관성을 살펴보면 최대측정주파수 31.5Hz에서 500Hz까지의 산술평균 바닥충격음레벨[avg(31.5-500)]이 가장 높은 상관관계를 나타냄을 알 수 있다. 또한 이전 청감실험¹³⁾ 결과에서 산술평균 바닥충격음레벨[avg(31.5-500)]이 청감반응과 잘 대응하는 것과 일치하는 특성이다.

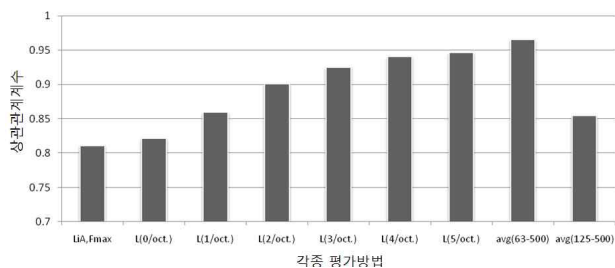


그림 8. avg(31.5-500)와 다른 평가량의 상관성

이와 같이 최대음압레벨과 가장 높은 상관성을 나타낸 avg(31.5-500)에 대해 다른 평가량간의 상관성을 보면 그림 8과 같다. 산술평균치는 특정주파수 대역에서 평가량이 결정되지 아니하고 측정주파수 대역의 모든 측정값이 평가량에 관여한다는 측면에서 허용편차를 증가시키는 개념과 동일하며, 상관관계도 높아지는 경향을 보여주고 있다.

현행 중량바닥충격음 평가방법인 역 A특성 기준곡선에 의한 평가량(avg(2/oct.))과 최대 A특성 바닥충격음레벨(LiA,Fmax), 산술평균 바닥충격음레벨(avg(31.5-500))과의 상관관계를 분석하면 그림 9와 같다.

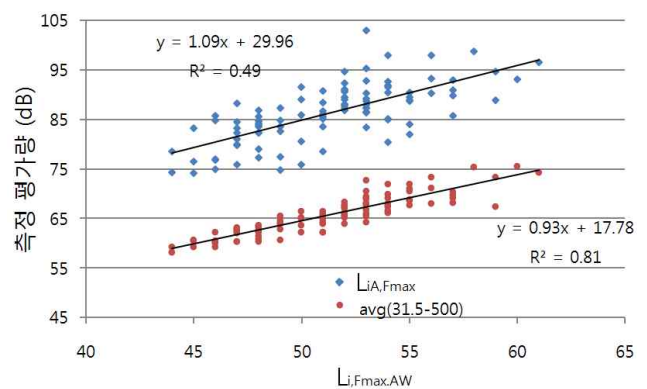


그림 9. 현행 단일수치 평가량과 산술평균, 최대음압레벨과의 상관성

분석 결과 산술평균에 의한 평가량은 다른 평가량에도 높은 상관성을 나타내므로, 현행 평가량과의 치환 가능성도 매우 양호함을 알 수 있다(설명력 R²=0.81). 따라서 산술평균에 의한 평가량은 현재 평가방법으로 사용되고 있는 역 A특성 곡선을 이용한 단일수치평가량(LiA,Fmax, AW)과의 1:1 대응성 측면에서 향후에 평가방법 전환 시 유용하게 활용될 것으로 사료된다.

6. 결론

슬래브 두께 180mm 바닥구조 29개, 슬래브 두께 210mm 바닥구조 34개의 현장 측정자료 63개를 이용하여 현행 중량바닥충격음의 평가방법을 검토한 결과는 다음과 같다.

1) 중량충격음 차단성능에 대한 주파수 특성에 있어서 슬래브 두께 210mm의 바닥구조는 슬래브 두께 180mm의 바닥구조 보다 125Hz 이상의 중음역에서 보다 급격히 감쇠하는 특성을 나타냈다.

2) 대상구조별 단일수치평가량 현황분석 결과 슬래브 두께 180mm의 경우 최소 기준치 50dB를 만족하는 비율이 약 27.5%에 불과하였고, 슬래브 두께 210mm의 경우에는 약 65%를 만족하는 것으로 나타났다.

3) 역 A특성 단일수치 평가량의 결정주파수 대역의 기

12) 石丸 岳史, 日合 絢乃, 村尾 一義, 大脇 雅直, 山下 恭弘 重量系衝擊音による床衝擊音の主観評価實驗, 日本建築學會北陸支部研究報告集 (49), 145-148, 2006

13) 신훈, 김선우, 장길수, 현행 중량바닥충격음 평가방법 개선을 위한 주관 평가실험, 한국소음진동공학회논문집 제19권 제3호, pp.282-287, 2009

여정도는 63Hz이 가장 크게 나타났으며, 특히 슬래브 두께 210mm에서는 63Hz의 기여비율이 상대적으로 커지는 경향을 보였다.

4) 뱅머신과 임팩트 볼에 의한 대상구조의 단일수치평가량을 비교한 결과 충격원에 따른 차이뿐만 아니라 슬래브 두께에 따른 차이도 큰 차이를 보였다. 특히 슬래브 두께 210mm의 바닥구조는 180mm의 2dB보다 큰 4dB의 차이를 보여 차단성능이 향상될수록 그 차이가 커지는 경향을 나타냈다.

5) 현장의 중량바닥충격음 측정 결과를 바탕으로 현행 역 A특성 곡선을 이용한 단일수치 평가량과 각종 평가량에 의한 바닥충격음 차단성능 현황을 살펴보고, 평가량 상호간의 상관성을 분석하였다. 그 결과, 산술평균 평가량의 유용성을 확보할 수 있다.

추후, 이러한 연구결과를 토대로 다양한 평가량에 관한 정감실험, 새로 도입하려는 임팩트 볼과의 상관관계, 슬래브 공진주파수, 수음실의 실 mode, 실의 형태 및 구속조건 등의 검토를 통해 현행의 바닥충격음 평가방법의 재검토로서 반영할 필요가 있다고 판단된다.

후 기

이 논문은 2010 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구임(지역거점연구단육성사업/바이오하우징연구사업단)

참고문헌

1. 환경통계연감(제22호), 중앙환경분쟁조정위원회 통계연감, 2009
2. 건설교통부고시 제2006-435호, 공동주택 바닥충격음 차단구조인정 및 관리기준
3. 한국표준협회(2000), KS F 2810-2 바닥충격음 차단성능 현장 측정방법 -제2부:표준 중량충격원에 의한 방법
4. 한국표준협회(2002), KS F 2863-2 건물 및 건물부재의 바닥충격음 차단성능 평가방법 -제2부:-표준 중량충격원에 대한 차단성능
5. 건설교통부, 공동주택 바닥충격음 완화를 위한 표준바닥구조의 설계·시공기술 및 활용방안 연구, 2002년도 건설핵심기술연구개발사업 최종보고서, 2004
6. 전진용, 이평직, 정정호, 박준홍 “바닥충격음 측정용 표준충격원과 실충격원의 특성 비교”, 한국소음진동공학회논문집, pp. 789~796, 2006
7. 신훈, 백건중, 송민정, 장길수, “새로운 충격원 도입 검토를 위한 임팩트 볼과 뱅머신의 바닥충격음 레벨 분포 특성 연구”, 한국건축친환경설비학회 추계학술발표대회, pp.215~218, 2008
8. Abe, K., Inoue, K. and Yasuoka, M., “Dependence on Temperature of Impact Force Characteristics in Standard Heavy Impact Sources. Part:1 Equipment and Techniques of Experiments”, Proceeding of Architectural Institute of Japan, pp.141~142, 1999
9. Yasuoka, M., Inoue, K. and Abe, K., “Dependence on Temperature of Impact Force Characteristics in Standard Heavy Impact Sources. Part:2 Study on Experimental Results”, Proceeding of Architectural Institute of Japan,

pp.143~144, 1999

10. Inoue, K., Abe, K. and Yasuoka, M., “Dependence on Temperature of Impact Force Characteristics in Standard Heavy Impact Sources. Part:3 Study on Floor Impact Sound”, Proceeding of Architectural Institute of Japan, pp.145~146, 1999
11. 石丸 岳史, 日合 絢乃, 村尾 一義, 大脇 雅直, 山下 恭弘 重量系衝撃源による床衝撃音の主観評価実験, 日本建築學會北陸支部研究報告集 (49), 145-148, 2006
12. 신훈, 김선우, 장길수, 현행 중량바닥충격음 평가방법 개선을 위한 주관평가실험, 한국소음진동공학회논문집 제19권 제3호, pp.282-287, 2009
13. 신훈, 백건중, 송민정, 장길수, 현장측정자료를 이용한 중량바닥충격음의 평가방법 검토, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, pp.711-714, 2008

투고(접수)일자: 2010년 6월 22일

심사일자: 2010년 6월 24일

게재확정일자: 2010년 9월 7일