



RESEARCH ARTICLE

공동주택 마감 모르타르 양생 기간에 따른 중량충격음 저감성능 분석

구본수¹ · 홍성신² · 김신태¹ · 김명준^{3*}

¹서울시립대학교 대학원 건축공학과 박사과정, ²DL이앤씨 미래기술센터 스마트에코팀 차장,

³서울시립대학교 건축학부 교수

Analysis of Heavy-weight Impact Sound Insulation during Curing Period of Floor Finishing Mortar in Apartment Building

Koo, Bon-Soo¹ · Hong, Seong-Shin² · Kim, Sin-Tae¹ · Kim, Myung-Jun^{3*}

¹Ph.D. Student, Department of Architectural Engineering, Graduate School, University of Seoul, Seoul, Korea

²Senior Researcher, Future Technology Center, Smart-eco team, DLenc, Seoul, Korea

³Professor, Department of Architectural Engineering, University of Seoul, Seoul, Korea

*Corresponding author: Kim, Myung-Jun, Tel: +82-2-6490-2761, E-mail: mjunkim@uos.ac.kr

ABSTRACT

In this study, we compared the heavy-weight impact sound reductions by bang machine and rubber ball according to the curing period of finishing mortar at construction sites of apartment. And the changes of reductions before and after mortar crack sealing were examined. As a result, it was found that the performance differences of impact sound insulation in single number quantity (SNQ, $L_{iA,Fmax}$) were minimal after the 4-week curing period of the finishing mortar in case of the bang machine. Similarly, in case of the rubber ball, the performance differences were also decreased within 1.0 dB after the 4-week curing period. Therefore, it can be estimated that the curing period of the finishing mortar must be secured for at least 4 weeks for the reliable test result of impact sound insulation. In addition, the improvement of impact sound insulation (SNQ, $L_{iA,Fmax}$) by mortar crack sealing were 0.8 to 2.5 dB for the bang machine. Even though the improvement for the rubber ball were insignificant in comparison with the bang machine, the results showed that finishing mortar crack sealing is an essential requirement to prevent deterioration in impact sound insulation.

주요어 : 마감 모르타르, 양생 기간, 중량충격음

Keywords: Finishing mortar, curing period, Heavy-weight impact sound

OPEN ACCESS

Journal of KIAEBS 2024 February, 18(1): 61-71
<https://doi.org/10.22696/jkiaeb.20240006>

pISSN : 1976-6483
eISSN : 2586-0666

Received: January 9, 2024
Revised: February 16, 2024
Accepted: February 17, 2024

© 2024 Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

국내 공동주택의 구조적 특성상 이웃세대와 인접한 형태로 이루어져 있다. 개인의 거주공간에서 발생하는 소리가 이웃 세대로 전달되어 피해요소가 된다. 특히 공동주택에서 발생하는 여러 소음문제 중 층간소음(이하 바닥충격음)은 가장 해결을 요구되는 문제로 대두되고

있다. 이에 정부에서는 바닥충격음 성능 기준을 제정하고 주택의 공급자들은 기준을 만족하는 공동주택을 건설하기 위해 다양한 연구들이 진행되어왔다. 최근 층간소음 관련 제도의 전반적인 운영과 관리 등에 대한 감사원 감사 결과(MOLIT, 2020)에 따라서 22년 8월부터 공동주택 준공 시점에서 성능 기준 만족 여부를 평가하는 ‘바닥충격음 차단성능 사후확인제도’가 시행되었다. 이에 공동주택의 바닥충격음 저감 성능에 대한 책임은 보다 엄격하게 요구되고 있다. 아울러 요구 성능을 달성하지 못하게 될 경우, 주택 공급자는 거주자를 대상으로 보상 및 보완시공에 대한 책임을 요구받고 있는 실정이다.

바닥충격음 문제를 해결하고자 성능 향상을 위해 콘크리트 슬래브 상부 완충구조(Song et al., 2018; Kim et al., 2022)와 표면마감재 및 매트류(Yeon et al., 2019; Yeon et al., 2021), 천장구조(Shin and Kim, 2019; Kim et al., 2021), 슬래브 보강(Mun et al., 2016) 등 다양한 방법을 통한 바닥충격음 저감 연구가 이루어지고 있다. 또한 충격음 성능을 향상시키기 위해 고중량 모르타르 개발 연구결과들도 제시하고 있다(Chun et al., 2017; Kim and Ha, 2022). 이처럼 다양한 요소기술들의 개발에도 불구하고 선행연구(Lee et al., 2020b)에 따르면 사전인정제도를 통해 인정받은 완충구조 기술을 현장에 적용하여 성능평가를 수행한 결과에서 인정서 등급보다 평균 1등급 낮은 성능이 나타난다는 결과를 발표하였다. 이와 같이 성능의 차이가 발생하는 이유는 실험동 및 실증주택과 달리 실제 현장은 평면구조의 다양성, 슬래브 내부 배관의 형태, 내력벽의 구조 등 다양한 영향요인들이 존재하기 때문이다. 이에 실증주택 등에 검토된 기술을 토대로 현장검증 단계를 거쳐 최종적으로 현장 적용을 진행하고 있으나, 현장검증 과정은 시간과 비용이 과도하게 소요된다. 검증단계를 최소화하기 위해 예측모델 활용을 통한 연구(Mun et al., 2015; Kim and Yang, 2020)가 수행되고 있으며, 최근 유한요소법을 활용하여 뜬바닥구조의 정합성 검토를 통해 최적 완충구조를 찾기 위한 연구도 이루어지고 있다(Lee et al., 2023). 이처럼 공동주택 현장에서 세대별 안정적인 성능 확보를 위해서는 효과적인 바닥구조의 개발도 중요하지만 뜬바닥구조 시공 전후 단계에서 실질적인 바닥충격음의 성능 변화를 확인하고, 보완방안을 고려하는 것이 필요하다. 현장 시공단계에서 충격음 차단성능 실질적인 성능 검토를 위해서는 바닥 및 천장 시공 공정 이외에 타 공정 진행도 요구되며, 콘크리트 슬래브 상부 바닥구조의 양생도 중요한 요소이다. 선행연구(Lee et al., 2020a)에서 콘크리트 슬래브, 완충재, 마감재 등의 바닥공사 공정별로 바닥충격음 특성을 분석하였다. 그러나 현장에 타 공정을 고려할 때 모든 시공단계별 성능실험은 현실적으로 어렵다고 판단된다.

이에 본 연구에서는 현장에 마감 모르타르 시공 이후 시점에 집중하여 중량충격음 저감 성능의 변화량을 검토해 보고자 한다. 실험은 공동주택 신축 현장의 샘플세대를 대상으로 실험을 진행하였으며 마감 모르타르의 양생 기간에 따른 중량충격음 성능 변화를 주차별로 측정하였다. 이를 위해 실험 대상 샘플세대의 천장구조는 일반적인 170 mm 깊이의 평천장으로 시공되었으며, 내부 인테리어 마감은 단열재와 석고보드 마감까지만 진행하여 고정하였다. 또한 현장에서 발생할 수 있는 마감 모르타르의 균열을 보수 전·후 충격음 성능도 분석하여 바닥 양생단계에서의 구체적인 성능 변화값을 검토하였다.

실험개요

실험대상 현장

본 연구에서는 콘크리트 슬래브가 시공된 이후 상부 바닥구조를 시공하고 양생하는 시기에 나타나는 중량충격음의 저감 성능을 검토하기 위해 현장에서 목업세대를 구성하고 평가를 진행하였다. 실험대상 현장은 동일한 단지에 실제 시공이 이루어지고 있는 신축 공동주택 현장(RC, Reinforced Concrete)에서 진행되었다. 실험 대상 A~C 현장은 210 mm 콘크리트 슬래브의 84 Type 평면에서 실험을 수행하였으며 실험 대상현장의 평면구조는 Figure 1과 같다. 바닥구조 조건은 콘크리트 슬래브 210 mm 상부 기초 모르타르(HD, High Density) 30 mm, 완충재 40 mm (EPS+EVA, Expanded Polystyrene + Ethylene Vinyl Acetate), 마감 모르타르(HD) 50 mm 로 구성된 뜬바닥 구조로 시공되었으며 바닥마감재가 없는 조건에서 실험하였다. 양생기간에 따라 7주 동안 바닥충격음 실험을 수행하였으며 샘플 실험동으로 지정하였기에 현장 공정에 따른 주차별 마감조건은 변경되지 않았다.

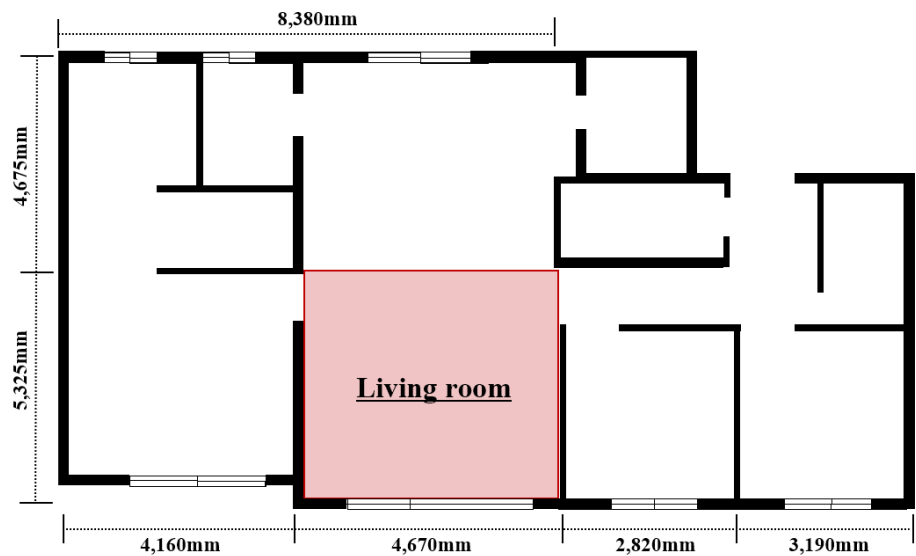


Figure 1. Unit floor plan

실험방법

공동주택 현장에서 바닥구조 시공은 일반적으로 콘크리트 슬래브, 완충재, 기포 콘크리트, 마감 모르타르에 순서로 이루어진다. 그러나 현장 및 작업조건을 고려하였을 때 모든 단계의 성능실험은 현실적으로 제약되므로 마감 모르타르 시공 이후에 조건으로 범위를 제한하였다. 또한 일반적으로 시공되고 있는 표준바닥구조가 아닌 슬래브의 평활도 및 휨강성을 제어할 목적으로 기초 모르타르 및 복합형 완충재, 마감 모르타르 순의 습식 바닥구조로 시공하였다. 기초 모르타르 시공 후 2주 양생기간을 확보 후 1차 측정을 진행하였으며 이후 완충재 및 마감 모르타르 시공 후 2주차부터 1주일 간격으로 성능 평가를 진행하였다. 또한

7주차 이후 마감 모르타르 양생 시 균열이 발생하는 세대의 경우 보수 전·후에 따른 실험도 추가 수행하였다.

실험대상 현장에서 바닥충격음 차단성능 실험은 KS F ISO 16283-2 (2020)에 의거하여 가진 및 수음실 조건을 설정하였고, 중량충격음 실험은 고무공 충격원과 함께 뱁머신에 대한 실험도 진행하였다. 실험대상 세대는 시공 중인 현장에서 진행되었으나 마감상태가 도배와 주방가구 공사 등이 완료된 상태가 아니었기 때문에 잔향시간 측정과 경량충격음의 실험은 제외하였으며, 중량충격음에 대한 평가만 수행하였다. 중량충격음 실험은 외부 소음을 최소화하기 위해 야간 측정을 기준으로 진행하였으며, 실험결과는 KS F ISO 717-2 (2020)에 의거 1/3 옥타브밴드로 분석하여 단일수치 평가량($L'_{iA,Fmax}$)으로 평가되었다. 국내 기준에 의하면 단일수치 평가량은 1 dB 단위로 표시하도록 되어 있으나, 보다 상세한 분석을 위해서 본 연구에서는 소수점 이하 첫째자리까지 0.1 dB로 산정하여 나타내었다.

마감모르타르 압축강도 발현

공동주택 바닥 마감 모르타르는 일반적으로 시멘트 및 모래의 혼합비율을 1:3 비율로 혼합하여 사용하며 콘크리트 슬래브 및 마감 모르타르 등 바닥구조는 일정 기간 양생 후 압축강도 허용기준을 초과해야 한다. 이때 최소 7일간 온도는 항상 5°C 이상으로 보존하며 출입을 통제하고 온도 가열로 인해 균열이 발생하는 경우 보수제를 사용하여 보수하도록 하고 있다. 마감 모르타르의 경우 KS L 5220의 시험방법을 규준하고 있으며 28일 기준 압축강도가 21 MPa 이상으로 규정하고 있다. 압축강도는 시멘트가 수분과 반응하면서 시간 경과에 따라 증가하기 때문에 구조적인 측면 이외로 바닥충격음의 저감성능 발현의 주요한 변수가 될 수 있다. 그러나 선행연구(Jeon et al., 2006)에서는 강도 증가에 따라 주파수대역별 음압레벨은 저감 효과는 확인되었으나 실질적인 중량충격음 레벨의 저감효과는 미미하다고 제시하였다.

이에 따라 본 연구에서는 신축 공동주택 현장에서 마감모르타르에 양생 단계를 주차별로 분류하여 중량충격음 저감성능의 변화량을 현장 검증을 통해 분석하고자 한다. 또한 마감 모르타르의 양생과정에서 함수율 감소에 따른 건조수축 현상으로 벽체로 전달되는 충격량의 변화 요인을 제거하기 위해 이격형 측면완충재로 시공 후 평가하였다.

실험결과

양생기간에 따른 충격음 레벨

신축 공동주택 현장에서 콘크리트 슬래브 타설 이후 바닥 상부구조 양생기간에 나타나는 바닥충격음 차단성능을 검토하기 위해 마감 모르타르 타설 이후 주차별로 충격음 실험을 수행하였다. 실험은 나슬래브 상태, 기초 모르타르 시공 후 상태(양생 후 2주), 마감 모르타르 타설 이후 양생기간 2주차에서부터 7주차까지 분류하여 실험을 진행하였다. 일반적으로 마감 모르타르 양생기간은 28일인 4주가 소요됨에 따라 관리 재령기간 28일이 지난 후 성능을 검토하기 위해 4~7주차에 충격음 성능 실험도 진행하였으며 실험은 표준 중량충격원인 뱁머신

과 고무공 충격원을 통해서 분석하였다. 기초 모르타르와 마감 모르타르의 두께는 같으나 바닥층재의 종류가 각각 다른 3개의 샘플 세대에 단일수치 평가량($L_{iA, Fmax}$)을 정리한 결과는 Figure 2와 같다. Table 1과 Table 2는 각 샘플 세대별 중량충격음 성능 측정 결과이며 이격형 측면완충재는 마감 모르타르 시공 후 2주차가 지난 시점에서 제거 후 측정을 진행하였다.

Figure 2(a)와 같이 양생기간에 따라 3개 샘플 세대에서 뱅머신 단일수치 평가량을 비교한 결과 Building A~C의 나슬래브 조건에 뱅머신 단일수치 평가량은 59.2~59.7 dB, 기초 모르타르 시공 후 56.3~57.9 dB로 기초 모르타르 시공에 따른 저감량은 1.8~2.9 dB로 나타났다. 마감 모르타르 시공 후 단일수치 평가량의 저감량 편차는 2~4주차의 경우 0.6~0.2 dB, 4~7주차의 경우 0.5~1.1 dB로 양생기간 별 저감량의 차이가 확인되었다. 또한 Figure 3(a)와 같이 1/3 octave band 주파수 대역별 저감량에 대해 평균값을 분석한 결과 2~4주차의 경우 3.6~5.9 dB로 큰 차이로 저감되었으며, 4~7주차의 경우 0.1~1.1 dB로 저감량의 차이는 크게 감소하였다. 각 세대별 시공 후 시간이 경과할수록 단일수치 평가량이 낮아지는 것으로 확인되었으며 관리재령 기간인 4주차(28일) 이후 중량충격원에 의한 저감 성능 차이는 1 dB 내외로 확인되

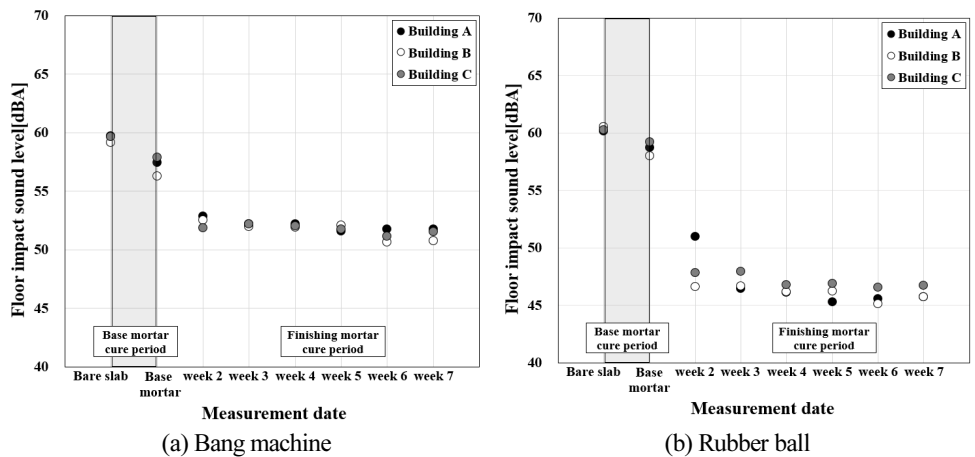


Figure 2. Result of impact noise according to the curing period of floor structure

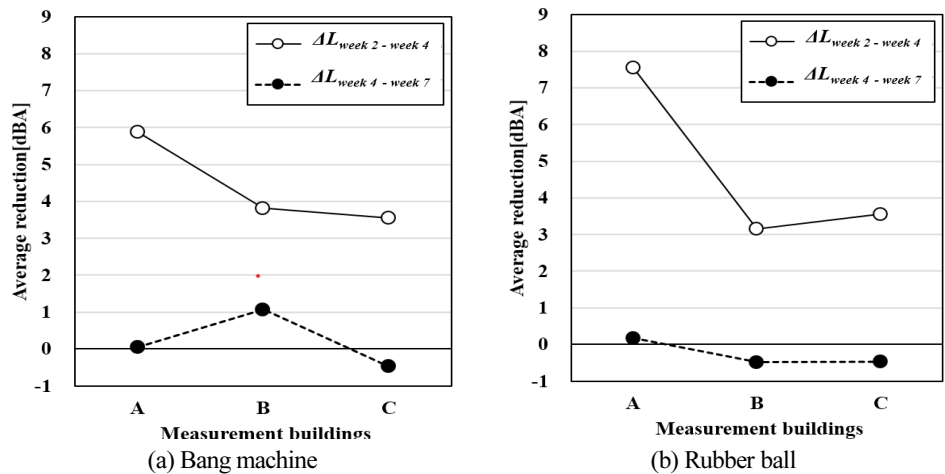


Figure 3. Average reduction results for 1/3 octaveband frequency

었다. 아울러 Figure 3(a)와 같이 1/3 octave band의 각 주파수 대역별 저감량의 평균값을 분석한 결과 마감 모르타르 시공 후 2주차와 4주차에 충격음 레벨은 차이가 3.6~5.9 dB로 크게 저감된 것이 확인되었다. 그러나 관리재령 기간인 4주차(28일) 이후 3주가 지난 7주차의 성능 차이는 -0.5~1.1 dB로 미미한 것으로 평가되었다. Table 1과 같이 실험을 수행한 각 세대의 주차별 주파수대역별 충격음 레벨을 비교한 결과에서 마감 모르타르 양생기간이 지나 압축강도가 발현됨에 따라 주파수대역별 충격음 레벨이 감소하는 경향을 보였다. 마감 모르타르 양생 후 2주차와 4주차의 차이에서 50~100 Hz대역에서는 약 1~2 dB의 충격음 레벨이 증가하였지만 125 Hz 이상 주파수대역에서는 최소 0.5, 최대 16.7 dB의 저감레벨이 나타났다.

Table 1. Results of bang machine experiment by the curing stage and period of upper floor structure [Unit: dB]

Building	Week*	Frequency												SNQ
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	
A	Bare slab	55.4	52.0	45.1	44.2	43.7	47.8	46.9	46.8	45.8	45.1	48.0	47.4	59.7
	Basic mortar	52.6	47.3	41.1	42.6	42.6	48.0	45.2	45.9	44.7	44.0	47.4	44.9	57.5
	2	49.4	44.5	40.6	39.1	35.5	36.4	35.1	35.8	41.3	42.1	38.2	37.6	52.8
	3	49.4	45.4	41.4	41.9	33.6	36.5	35.1	31.2	29.1	28.1	27.4	25.3	52.1
	4	49.8	45.7	41.1	41.4	33.4	34.2	30.1	26.5	26.8	25.4	26.0	24.8	52.2
	5	48.6	47.1	40.7	42.4	34.1	35.4	32.7	28.7	27.7	27.5	28.9	26.4	52.1
	6	48.4	46.4	40.3	42.2	34.1	34.6	34.5	28.9	27.4	25.9	24.7	23.2	51.8
	7	48.9	47.2	41.3	40.6	35.1	33.6	30.8	27.0	26.7	25.1	24.5	23.8	52.2
	$\Delta L_{week\ 2-week\ 4}$	-0.4	-1.2	-0.5	-2.3	2.1	2.2	5.0	9.3	14.5	16.7	12.2	12.8	0.6
	$\Delta L_{week\ 4-week\ 7}$	0.9	-1.5	-0.2	0.8	-1.7	0.6	-0.7	-0.5	0.1	0.3	1.5	1.0	0.0
B	Bare slab	54.2	51.4	45.3	42.7	43.9	47.3	46.4	46.4	46.9	44.4	48.1	48.2	59.2
	Basic mortar	49.6	46.8	42.0	41.8	42.2	47.6	43.9	43.4	43.6	42.9	46.6	46.9	56.3
	2	48.6	48.8	38.5	36.8	35.5	33.3	30.8	30.1	37.3	35.1	31.7	31.3	52.5
	3	48.0	47.9	41.3	40.5	34.6	34.6	29.4	28.8	27.2	26.5	27.0	30.0	52
	4	48.1	48.2	40.2	39.2	32.7	33.4	27.1	27.8	24.9	22.3	23.3	24.9	51.9
	5	48.3	48.2	40.2	40.0	33.6	34.6	27.6	26.7	24.6	23.0	23.3	26.2	52.1
	6	46.8	46.6	39.2	38.8	35.2	33.0	27.5	27.4	24.1	23.1	24.6	23.5	50.7
	7	47.0	46.6	38.8	39.6	34.6	34.0	28.0	25.1	22.4	20.2	22.3	20.7	50.8
	$\Delta L_{week\ 2-week\ 4}$	0.5	0.6	-1.7	-2.4	2.8	-0.1	3.7	2.3	12.4	12.8	8.4	6.4	0.6
	$\Delta L_{week\ 4-week\ 7}$	1.1	1.6	1.4	-0.4	-1.9	-0.6	-0.9	2.7	2.5	2.1	1.0	4.2	1.1
C	Bare slab	55.7	50.4	45.2	43.7	45.2	48.9	47.2	46.4	45.4	44.6	48.3	47.2	59.7
	Basic mortar	52.1	46.1	43.1	43.1	42.8	49.5	44.6	45.7	45.2	44.8	48.2	48.4	57.9
	2	47.6	47.2	41.3	39.7	34.2	36.7	32.7	34.4	36.0	34.7	32.1	32.2	51.9
	3	47.3	47.6	43.0	43.7	35.3	33.9	31.4	30.8	29.2	28.7	29.7	31.7	52.2
	4	47.4	48.2	42.1	42.1	33.7	31.7	31.1	29.0	25.5	24.3	26.1	25.0	52.1
	5	47.1	47.9	41.3	41.9	34.2	33.2	31.4	28.4	25.3	23.8	24.9	25.0	51.8
	6	46.2	47.7	40.5	40.1	33.9	32.8	31.2	29.0	27.1	26.9	27.3	27.6	51.2
	7	46.7	47.5	41.8	42.0	34.4	33.5	31.6	29.0	27.1	26.8	26.4	25.1	51.6
	$\Delta L_{week\ 2-week\ 4}$	0.2	-1.0	-0.8	-2.4	0.5	5.0	1.6	5.4	10.5	10.4	6.0	7.2	-0.2
	$\Delta L_{week\ 4-week\ 7}$	0.7	0.7	0.3	0.1	-0.7	-1.8	-0.5	0.0	-1.6	-2.5	-0.3	-0.1	0.5

* Basic mortar : 1 week after basic mortar curing, week 2~7 : 2 week after finishing mortar curing

Figure 2(b)에서는 고무공 충격원의 단일수치 평가량을 비교하였다. 기초 모르타르 시공 후 58.0~59.2 dB로 나슬레브의 충격음 차단성능 대비 기초 모르타르 시공 시 1.1~2.5 dB에 저감량이 나타났다. 마감 모르타르 시공 후 단일수치 평가량의 저감량 편차는 2~4주차의 경우 0.4~4.4 dB, 4~7주차의 경우 0~0.5 dB로 양생기간 별 저감량의 차이가 확인되었다. 또한 Figure 3(b)와 같이 1/3 octave band 주파수 대역별 저감량에 대해 평균값을 분석한 결과 2~4 주차의 경우 3.2~7.5 dB로 큰 차이로 저감되었으며, 4~7주차의 경우 0.2~0.5 dB로 저감량의 차이는 크게 감소하였다. 각 세대의 주차별 주파수대역별 충격음 레벨을 비교한 Table 2 결과에서도 뱅머신의 측정결과와 유사하게 마감 모르타르 양생기간이 지나 압축강도가 발현됨에

Table 2. Results of rubber ball experiment by the curing stage and period of upper floor structure [Unit: dB]

Building	Week*	Frequency												SNQ
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	
A	Bare slab	47.4	42.3	42.9	44.1	46.6	52.5	53.9	52.1	50.8	49.8	46.2	43.9	60.1
	Basic mortar	44.8	37.9	38.7	41.6	44.9	51.5	53.1	51.2	48.6	48.0	44.7	42.9	58.8
	2	40.5	35.0	37.1	38.3	35.3	39.8	43.8	42.6	40.8	41.6	41.4	35.1	51.0
	3	40.8	36.2	38.8	39.7	34.2	37.3	31.9	26.2	23.5	24.6	25.7	25.1	46.4
	4	40.8	35.2	37.5	39.2	33.9	37.6	32.4	27.4	24.2	27.0	23.2	22.4	46.1
	5	39.6	35.5	36.9	39.5	33.1	36.0	31.8	26.1	23.5	24.7	23.1	18.6	45.5
	6	39.9	35.5	37.3	39.6	34.3	35.1	32.0	26.4	24.5	24.1	21.2	17.5	45.6
	7	39.7	35.7	37.7	38.8	34.3	36.3	31.3	26.9	26.4	26.2	23.1	22.3	45.6
	$\Delta L_{week\ 2-week\ 4}$	-0.3	-0.2	-0.4	-0.9	1.4	2.2	11.4	15.2	16.6	14.6	18.2	12.7	4.9
	$\Delta L_{week\ 4-week\ 7}$	1.1	-0.5	-0.2	0.4	-0.4	1.3	1.1	0.5	-2.2	0.8	0.1	0.1	0.5
B	Bare slab	46.3	43.5	42.9	42.9	47.7	52.9	54.8	53.0	50.8	49.3	45.9	44.9	60.5
	Basic mortar	41.6	38.7	39.3	41.2	43.9	51.1	52.0	51.1	48.3	46.8	44.1	40.9	58.0
	2	39.9	39.1	35.6	36.4	35.5	37.4	36.7	34.5	31.2	29.5	29.0	27.0	46.6
	3	39.8	38.9	38.5	39.4	34.9	38.6	31.2	26.5	25.7	25.8	27.8	29.6	46.8
	4	39.7	38.3	38.5	38.9	34.1	37.4	31.2	27.0	24.5	23.0	21.2	20.1	46.2
	5	39.9	37.9	38.0	39.1	34.8	38.0	30.8	26.4	24.0	21.1	19.0	19.3	46.2
	6	38.3	36.2	36.3	38.5	34.8	37.3	30.6	26.2	24.3	23.2	19.8	17.8	45.2
	7	38.5	37.2	36.4	38.9	34.8	38.5	31.0	26.1	24.5	25.6	25.6	22.6	45.8
	$\Delta L_{week\ 2-week\ 4}$	0.2	0.8	-2.9	-2.5	1.4	0.0	5.5	7.5	6.7	6.5	7.8	6.9	0.4
	$\Delta L_{week\ 4-week\ 7}$	1.2	1.1	2.1	0.0	-0.7	-1.1	0.2	0.9	0.0	-2.6	-4.4	-2.5	0.4
C	Bare slab	47.7	40.0	40.4	41.8	48.3	53.3	53.3	52.1	51.2	50.3	46.3	44.1	60.3
	Basic mortar	44.2	37.6	39.2	42.4	44.8	53.1	52.3	51.8	49.1	48.4	46.3	45.0	59.2
	2	38.7	37.5	39.2	38.3	36.3	41.5	37.7	35.1	32.3	31.7	31.2	29.5	47.9
	3	39.1	38.9	40.3	41.8	37.3	39.1	35.0	31.1	28.7	28.2	28.3	26.6	47.9
	4	38.6	38.1	40.1	40.7	36.2	36.5	33.9	27.6	24.5	22.4	22.3	20.4	46.8
	5	38.5	38.2	40.3	40.9	36.4	36.8	33.8	26.9	24.2	22.5	22.1	20.5	46.9
	6	37.6	38.0	39.5	40.0	36.3	37.6	34.3	28.1	25.8	24.1	23.2	21.6	46.6
	7	37.8	37.5	39.5	40.3	36.9	38.4	33.9	27.9	27.7	24.3	21.5	20.3	46.8
	$\Delta L_{week\ 2-week\ 4}$	0.1	-0.6	-0.9	-2.4	0.1	5.0	3.8	7.5	7.8	9.3	8.9	9.1	1.1
	$\Delta L_{week\ 4-week\ 7}$	0.8	0.6	0.6	0.4	-0.7	-1.9	0.0	-0.3	-3.2	-1.9	0.8	0.1	0.0

* Basic mortar : 1 week after basic mortar curing, week 2~7 : 2 week after finishing mortar curing

따라 충격음 레벨은 감소하는 것으로 확인되었다. 뱅머신의 분석결과와 유사하게 2주차와 4 주차의 충격음 저감량의 차이는 100 Hz 이하 주파수대역에서는 증폭되었고, 125 Hz 이상에서는 최대 18.2 dB의 저감량이 나타났다.

바닥 균열 보수에 따른 충격음 레벨

바닥구조 중 마감 모르타르 시공은 작업자의 숙련도 및 작업여건에 따라 균열이 발생하기도 하며, 마감 모르타르의 균열은 부위와 크기에 따라 단일수치 평가량 차이가 발생한다. 양생기간에 따른 저감량 연구 종료 후 균열이 발생한 부위에 무수축 모르타르로 보수하는 작업을 진행하였으며, 양생기간 1주 후 바닥충격음 성능을 재검토 하였다. 실험이 진행되었던 3개 세대 중 2개 세대를 선정하여 균열 보수를 진행하였다. 이에 따른 결과는 Figure 4와 같다.

바닥 균열 보수 전후의 뱅머신 실험결과를 분석한 결과, Building A의 경우 200 Hz 이상의 주파수 대역에서 약 1.9~3.9 dB의 저감 성능이 나타났다. Building B의 경우 125 Hz와 160 Hz를 제외하고 최소 1.0 dB에서 최대 6.7 dB의 성능이 저감되는 것으로 분석되었다. 바닥 균열 보수로 인한 주파수대역별 성능 저감으로 인해 단일수치 평가량은 Building A는 0.8 dB, Building B는 2.5 dB 향상되는 것으로 분석되었으며 고무공 충격원에서는 뱅머신 보다 미미한 성능 차이가 나타났다. Building A에서는 250~500 Hz 대역에서 약 1.3~1.9 dB 저감된 성

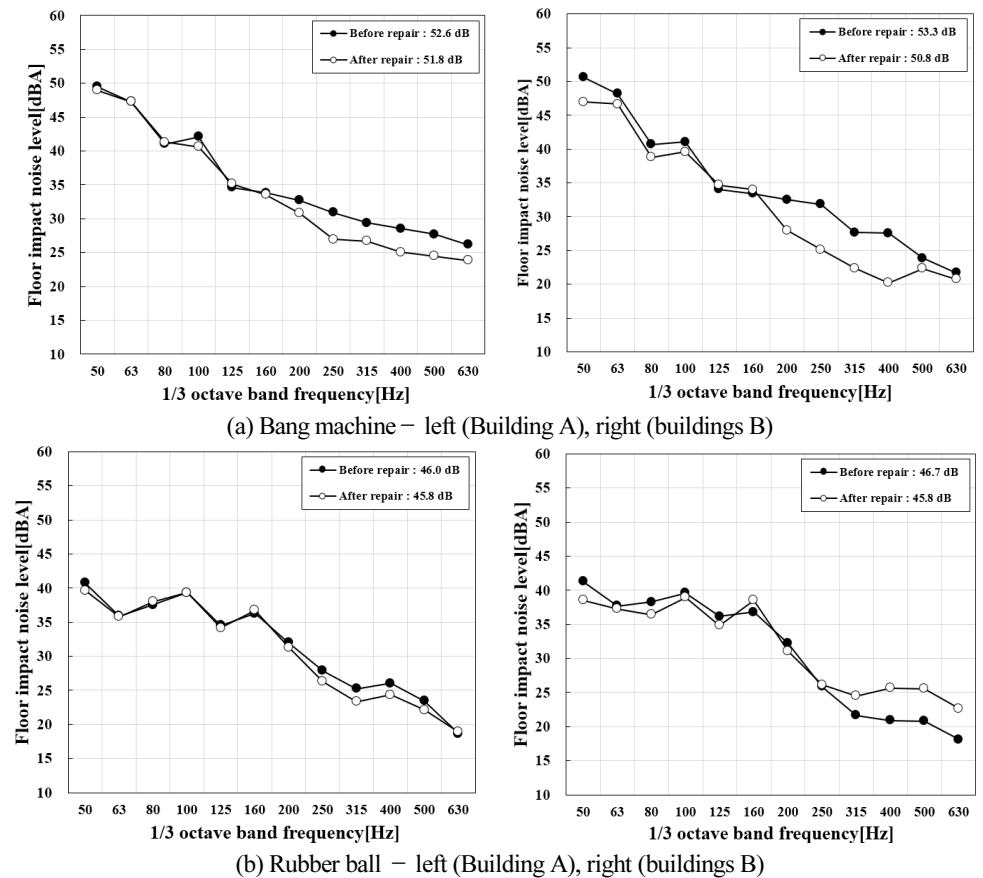


Figure 4. Reduction results for 1/3 octaveband frequency according to floor crack repair

능을 보였으나 이외의 주파수대역에서는 성능차이가 미미하게 분석되었다. 또한 Buildings B에서는 50~125 Hz 대역에서는 약 0.7~2.7 dB의 저감된 성능을 보였지만 250 Hz 이상에 주파수대역 대역에서는 약 0.3~4.8 dB 높아지는 결과가 분석되었다. 단 일수치 평가량을 기준으로 Building A, B에서 각 0.2 dB, 0.9 dB 저감되는 결과를 확인하였다.

고찰

본 연구에서는 신축 공동주택 현장조건에서 콘크리트 슬래브 상부 마감 모르타르 양생 기간에 따른 중량충격음(뱅머신 및 고무공 충격원) 저감 성능과 바닥 균열 보수 전후 저감 성능의 변화를 비교하였다.

마감 모르타르 양생기간에 따라 충격음 차단성능을 비교한 결과, 뱅머신의 단일수치 평가량은 마감 모르타르 타설 후 4주차 이후 성능 차이가 미미한 것으로 분석되었다. 고무공 충격원도 뱅머신과 유사하게 4주차가 지난 시점부터 저감량의 1 dB 내외로 소폭 줄어드는 것으로 보아 마감 모르타르 두께 50 mm의 경우 양생 기간은 최소 4주차까지 확보해야 하는 것으로 판단된다. 이러한 결과는 이격형 측면완충재의 사용으로 마감 모르타르의 건조수축에 의한 벽체로 전달되는 진동의 감소 조건은 배제하고 진행하였기 때문에 마감 모르타르의 양생 과정에 따른 저감량의 차이라고 볼 수 있다.

또한 뱅머신의 바닥구조 균열 보수 전·후에 대한 결과에서 보수 후 단일수치 평가량 기준 0.8~2.5 dB의 성능 개선이 나타났다. 고무공 충격원에서는 뱅머신과 비교하였을 때보다는 단일수치 평가량에서의 차이는 미미하였다. Building B의 경우 315 Hz 이상의 주파수대역에서는 보수 후 충격음 레벨이 일부 높아지는 결과가 도출되었으나, 50~125 Hz의 저주파 대역에서 저감량이 확보되어 단일수치 평가량이 저감되었기 때문에 바닥 균열 보수는 필수적으로 요구되는 사항인 것으로 사료된다. 이러한 결과들은 최근 바닥충격음 차단성능 사후확인제도에 대한 도입에 맞춰 단계별 성능확인을 위한 기초 데이터로 활용 가능할 것으로 판단된다.

결론

공동주택 바닥구조 시공 시 마감 모르타르는 KS L 5220을 통해 28일 기준 압축강도가 21 MPa 이상으로 규정하고 있으며, 바닥구조 차단성능 인정서에 기준값을 명기해야 한다. 따라서 본 연구에서는 마감 모르타르 시공 후 4주차(28일)까지 바닥충격음 차단성능 변화량 및 이후 일정기간(7주차) 동안에 저감량을 추가 분석하였다. 실험결과 마감 모르타르 타설 후 2주차부터 4주차까지 양생기간에 따른 중량충격음의 저감 성능의 변화량은 3~6 dB 수준으로 뚜렷하게 나타났으나, 4주차부터 7주차까지 저감 성능의 변화량은 1 dB 내외로 미미하였다.

본 연구의 결과를 바탕으로 현장에서 수행되고 있는 인정평가나 완충재 현장 반입 후 샘플 세대 시공 후 평가에 대한 양생기간 기준 정립의 기초자료로 활용 가능할 것으로 판단된다. 아울러 바닥 균열 보수 전후에 충격음 성능을 비교한 결과, 뱅머신에서는 단일수치 평가량 기

준 0.8~2.5 dB의 성능 개선이 나타났다. 고무공 충격원에서는 0.2~0.9 dB로 뱅머신 보다 저감량은 미미하였으나 결과값이 증폭되는 경우는 없었기 때문에 마감 모르타르의 균열관리 또한 중요한 항목인 것으로 판단된다.

본 연구는 샘플 실험세대 3개소에 대한 측정을 통해 분석한 결과임에 따라 일반화하여 평가하기는 다소 부족할 것으로 판단되며, 마감 모르타르로 시공된 시편의 시간에 따른 강도의 변화량을 추가 분석하여 결과에 반영해 볼 필요가 있을 것으로 판단된다.

References

1. Jeon, J.Y., Yoo, S.Y., Jeong, Y., Jeong, J.H. (2006). The Effect of the Design Elements of Reinforced Concrete Slab on Heavy-weight Floor Impact Noise. *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 22(10), 329-336.
2. Kim, K.W., Shin, H.K., Park, S.H., Lee, J.W. (2022). Analysis of Floor Impact Sound Reduction Performance of Floor Structure with Damping Material. *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, 32(6), 631-637.
3. Kim, S.T., Cho, H.M., Kim, M.J. (2021). Effects of Wall-to-Wall Supported Ceilings on Impact Sound Insulation for Use in Residential Buildings. *Buildings*, 11(12), 587.
4. Kim, T.M., Yang, H.S. (2020). Prediction of Heavy-weight Floor Impact Sound with Different Impact Sources and Indices using a Finite Element Method. *Transactions of the KSNVE*, 30(2), 169-178.
5. Lee, S.B., Kim, M.J., Choi, K.S., Kim, J.J. (2023). Prediction of Heavy Weight Impact Sound in Apartment with Floating Floor Structure using Finite Element Analysis Method. *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, 33(4), 402-411.
6. Lee, W.H., Song, G.G., Haan, C.H. (2020a). Analysis on the Characteristics of Floor Impact Sound by Floor Construction Process of Apartment Houses. *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, 30(1), 29-36.
7. Lee, W.H., Song, G.G., Haan, C.H. (2020b). Measurements and Analysis of Floor Impact Sound through Field Test on the Apartment houses. *Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems*, 14(1), 19-31.
8. Mun, D.H., Lee, S.H., Hwang, J.S., Beak, G.O., Park, H.G. (2015). Prediction of Heavy-Weight Floor Impact Sound in Multi-unit House using Finite Element Analysis. *Journal of Computational Structural Engineering Institute of Korea*, 28(6), 645-657.
9. Mun, D.H., Oh, Y.K., Jeong, G.C., Park, H.G. (2016). Floor Impact Noise Level for Concrete Slab Integrated with Floor Finishing Layers. *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, 26(1), 130-140.
10. Shin, H.K., Kim, K.W. (2019). Analysis Effects of Perforated Gypsum Board Ceiling Structure for Floor Impact Sound Reduction. *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, 29(4), 511-517.
11. Song, G.G., Kim, Y.H., Ryu, J.K., Kim, M.J. (2018). Analysis of Heavyweight Floor Impact Sound Level with Dynamic Stiffness and Thickness of EPS Type Resilient

- Materials. Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, 28(6), 713-720.
12. Yeon, J.O., Kim, K.W., Kim, H.S., Kim, M.J. (2019). Evaluation of Impact Sound Reduction for Floor Mats Considering the Impact of Residents in Apartment Housing. Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, 13(5), 291-302.
 13. Yeon, J.O., Kim, K.W., Kim, M.J. (2021). Evaluation of the Effect and the Perception Range on Impact Sound Reduction by Installing Floor Mats. Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, 15(6), 600-612.
 14. Chun, Y.S., Lee, B.S., Jun, M.H., Lee, D.H. (2017). Evaluation of the Performance of Heavy-Weight Mortar-Based Buffer-Type Floor Structure Against Floor Impact Sound. Proceedings of KCI Annual Spring Conference, 385-386.
 15. Kim, H.S., Ha, J.S. (2022). Reduction Technology of Noise between floors in Floor Structures Using Ultra-Weight Mortar. Proceedings of KCI Annual Autumn Conference, 525-526.
 16. KS F ISO 16283-2. (2020). Acoustics – Field Measurement of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements, 2020, Part 2: Impact Sound Insulation.
 17. KS F ISO 717-2. (2020). Acoustics — Rating of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements — 2020, Part 2: Impact Sound Insulation, 2020.
 18. Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT). (2020). Apartment Impact Noise between Floors, Reduce by Measuring Performance after Construction. Available at: https://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?id=95083992.