

초고층 공동주택의 평수와 층수에 따른 바닥충격음 차음 특성

Impact Sound Insulation Characteristics of Floors according to the number of P'yong and Layers

이 상 우*

Lee, Sang-Woo

Abstract

Apartment housing is a widely-spread type in Korean housing market. Nevertheless, it has caused serious problems such as traditional community corruption, unsafe structure, defects and litigation from noise. Noise, especially in concrete structure for apartment housing, is hardly controlled in proper to prevent sound transmission between upper and lower families with existing system. In foreign countries, there are floating floor system to enhance the noise control performance in multi-family housing.

This study is to examine the impact sound insulation performance of floors according to the different P'yong and Layers by field measurement in highrise building.

키워드 : 바닥충격음, 바닥충격음 차단성능, 평수 및 층수

Keywords: Floor Impact Sound, Floor Impact Sound Insulation, the number of P'yong and Layers

1. 서 론.

국민 두 사람 중 한 사람 이상이 공동주택에서 생활하고 있을 정도로 이제 공동주택은 우리의 생활과 문화에 많은 영향을 미치고 있다. 또한 최근 도시의 과밀화 해소 개념에서 대도시 근교 신도시를 개발하려는 방향으로 시작된 초고층 주거시설은 1990년대 초반 5개 신도시의 Skyline 조성 때문에 생겨난 30층 정도가 가장 고층 건물이었으나 최근 3-4년 사이 도시 내에 주상복합건물이나 오피스텔을 세우면서 60층에서 70층까지 이르고 있으며, 더욱 고층화될 추세에 있다. 따라서 도심에 위치한 초고층 공동주택은 과거 저층 공동주택과 비교할 때 지역적인 특성과 높이로 인하여 보다 다양한 소음원에 노출되고 있다. 소음문제는 단순히 환경공해 문제를 넘어 제품의 품질과 가격을 결정짓는 매우 중요한 평가척도로 인식됨에 따라 쾌적한 주거환경을 위하여 초고층 건물에서의 소음 발생억제와 차단은 중요한 환경요소가 되었다. 이에 최근 국내에서는 2003년 5월 '주택건설 기준 등에 관한 규정, 건설교통부'개정안이 차관회의에서 통과됐으며 국무회의 의결 및 경과기간 등을 고려해 2004년 4월부터 시행할 예정으로 있다. 이 개정안의 내용은 주거안정성 및 삶의 질 향상에 중점을 두고 있으며, 아파트를 공급할 경우 아파트 소음등급제가 도입되고 층간소음 등

급표시가 의무화되며, 소음 최저기준이 적용된다.

따라서 본 연구에서는 건물의 중량을 증가시키지 않으면서 건물 내부에서 발생하는 소음의 전파를 효과적으로 줄일 수 있는 초고층 공동주택의 음향성능 개선 방안을 모색하기 위한 주요 기초단계로 초고층 공동주택의 바닥충격음을 측정하고 그 영향인자를 심층적으로 분석·평가하는데 그 목적이 있다. 이를 위하여 최근 신도시에 건립된 초고층 공동주택의 평형별, 타입별, 구조별 분류 및 분석을 통한 측정대상 세대를 선정하였으며, 선정된 초고층 공동주택에 대해서는 바닥충격음 결정인자에 대한 정량적인 분석을 위하여 평수 및 층수의 차이에 따른 소음 기여도를 분석하였다.

2. 국내·외 바닥충격음 현황

2.1 국내

국내의 바닥충격음은 소음원의 규명과 저감대책을 위하여 바닥구조, 슬라브 두께, 완충재 등의 다양한 부분에서 심층적인 연구가 더 활발하게 진행되고 있는 실정이며, 국내에서 발표된 논문을 중심으로 최근 연구활동을 살펴보면 표1과 같다.

* 정회원, 경기대학교 건축학부 교수, 소음진동기술사

표 1. 바닥충격음에 관한 최근 연구동향

제 목	저 자	연도	내 용
공동주택 바닥슬래브 두께에 따른 바닥충격음차음성능에 관한연구	김선우 외 3인	1995	바닥슬래브 두께에 따른 바닥충격음 차음성능검토
공동주택의 바닥충격음성능에 미치는 영향요인에 관한 실험적 연구	김명준 외 2인	1998	슬래브상부 바닥구성층의 조건에 따른 바닥충격음 변화특성검토
공동주택 바닥충격음 저감용 페타이어칩과 뜬바닥구조의 물리적성능에 관한 실험적 연구	김홍열 외 3인		바닥충격음 저감재가 현장에 적용되기 전에 관련되는 제반성능을 평가
공동주택의 생활소음에 대한 감성적 평가모델 구축	정영외 2인	2001	각 생활소음에 대한 특성을 규정하는 심리음향학적 파라메타분석
표준충격원에 의한 바닥구조체 및 수음실의 진동음 응답특성에 관한 연구	김홍식, 김명준	2002	바닥구조체 가진시 수음실 각 부위의 진동음답특성 검토
천정구조와 바닥마감재 조합에 따른 경량충격음 차음성능 및 저감량에 관한 실험적연구	김선우 외 4인		바닥충격음 차단을 위한천장 및 바닥구조의 선택과 조합에 기초자료 제시
표준음원에 대한 annoyance평가 및 차음등급설정에 관한 연구	정진용, 정정호	2003	실생활대 발생하는 바닥충격음레벨변화에 따른annoyance 반응과의 관계를 검토
표준 중량충격원의 공기압이 바닥충격음레벨에 미치는 영향에 관한 연구	이주원 외 2인		타이어 공기압변화에 따른 바닥충격음 특성 비교

1990년 이후 시공 중인 공동주택의 온돌바닥구조는 1990년 이전의 구조와 대동소이하다. 바닥슬래브는 대부분이 120mm로 시공되고 있으며, 조립식구조(PC구조 : 공업화주택)인 경우에는 150mm로 시공하고 있다. 완충층의 구조는 분양이 순조로웠던 시기에는 대부분이 경량기포콘크리트 위에 시멘트 모르타르로 마감한 2단계의 공정으로 시공되어 있었으나, 분양이 순조롭지 못하고 입주자의 불만이 표출되면서 바닥슬래브와 경량기포콘크리트 사이에 스티로폴을 부가한 3단계의 구조가 설계도면에 많이 반영되고 있는 실정이다. 그러나 상기 3단계 공정의 겨우 시공상의 문제 때문에 하자의 원인이 되고 입주자들의 민원대상이 되자, 설계도면에는 완충층 구조를 명기하지 않고 스티로폴 시공공정을 생략한 2단계 공정으로 시공하고 있는 경우가 의외로 많음을 알 수 있었다. 이런 구조의 경우 바닥충격음에 대한 차음성능의 저하 및 시공 후의 하자발생으로 경량기포콘크리트를 사용하지 않고, “발포폴리스티렌폼 + 누름 모르타 + 콩자갈 + 마감 모르타”의 4단계 공정으로 완충층의 구조를 시공하고 있는 건설회사도 다 수 있었다. 경량기포콘크리트 대신에 폴 콘크리트를 사용하고 있는 경우도 있으나, 요즘

은 현장 시공시 상기 4단계의 공정으로 대체하는 경향이 있다. 4단계의 공정인 경우에는 공기 및 인건비의 상승을 유발하여, 새로운 완충층 부재가 개발되고 있으나, 현재 사용되고 있는 부재는 스티로폴을 성형하여 만든 구조가 대부분이다.

1995년 이 후 바닥충격음에 대한 공동주택 거주자의 불만이 심화되고 미분양 공동주택이 증가하면서, 새로운 바닥구조의 개발에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이러한 결과 특수한 형태의 바닥구조가 시공되고 있거나 특수재료의 사용에 의한 바닥충격음 저감방안이 제시되어, 나름대로의 공동주택 바닥구조에 대한 차별화 정책을 실시하고 있는 건설회사도 있다. 이러한 현상은 공동주택의 분양가가 자율화되고, 거주자의 쾌적한 주거환경 질적 수준에 대한 권리가 확대되면 더욱 증가할 것이다.

국내 공동주택의 경우 철근콘크리트슬래브 두께는 대부분 120mm이었으나 150mm를 사용하는 예가 증가하고 있으며 180mm 이상인 경우도 있다. 일본의 경우 철근콘크리트슬래브 두께는 150mm를 원칙으로 하고 있고 가능하다면 200mm 정도를 주장하고 있다. 따라서 슬래브두께는 120mm, 150mm, 180mm의 세가지 종류로 분류되며, 바닥슬래브의 면적은 가장 넓은 것도 25㎡이하고 대부분이 10~20㎡ 정도이다.

2.2 국외

뜬바닥구조가 가장 널리 보급되고 있는 독일은 40여년 전부터 공동주택의 바닥에 사용되기 시작하여 1963년에 이르러서는 콘크리트 뜬바닥구법의 DIN 규정이 작성되었으며, 공공은 물론 민간아파트에서도 채택하고 있다. 또 공동주택 바닥의 바닥충격음 차단력 판정량(TSM)에 대한 기준치가 DIN에 규정되어 있으나, 주민의 거주환경성능에 대한 요구가 높아져 감에 따라 기준도 높아져 1955년에 TSM이 0dB이었던 것이 1970년대 들어서서는 TSM ≥ 13dB가 기준치로 적용되고 있다. 슬래브 두께가 얇고 강성이 낮은 바닥일수록 같은 TSM을 얻기 위해서는 뜬바닥완충층의 두께를 두껍게 해야 한다는 것을 알 수 있다. 유럽에서는 Sports Flooring라는 제품을 사용하여 중량 충격음 및 경량 충격음을 동시에 제어할 수 있는 방안을 시도하고 있으며, 이 제품의 가장 큰 특징은 일반적인 모노륨의 발포층이 1mm~2mm인데 반하여 발포층에 4.4mm의 PVC 고탄성 발포층을 사용하고 있다.

한편, 일본에서는 건축물의 바닥충격음 방지를 주목적으로 이용되는 습식 뜬바닥구조에 대한 시공표준을 일본공업규격으로서 규정하고 있으며, 완충재 등에 대한 JIS 규정도 제시되어 있다. 그리고 바닥충격음의 영향요인들(바닥충격음 예측법, 완충방음층 구성기술 및 시공기술, 바닥구성 재료의 특성, 실험실과 현장과의 연계성, 바닥충격음에 대한 평가법)에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. 최근 일본에서는 사회적 요구에 의해 강제적인 규정은 아니지만 주택품질확보촉진법을 제정하여 2001년 4월부터 시행하고 있다. 이 법의 주요내용은 ①주택성능 표시제도, ②분쟁처리 체제의 정비, ③하자담당책

입의 특례 등으로 이루어져 있다. 바닥충격음과 관련하여 본 법령에서는 중량바닥충격음 대책, 기존 일본건축학회 등에서 제시하고 있는 방법과 같이 성능기준 뿐만 아니라 구체적인 시방기준 등을 동시에 제시하여 다양한 구조에 대해 쉽게 평가할 수 있도록 하고 있으며, 평가방법 등이 구체적으로 작성되어 있다. 그리고 바닥충격음의 경우에는 별도로 현장조건과 유사한 실험실을 만들어 평가를 수행하고 있다.

3. 바닥충격음 차단성능 측정 및 평가방법

3.1 측정개요

초고층 공동주택에서 바닥슬래브의 평수 및 층수의 차이에 따른 소음기여도를 파악하기 위하여 서울시 서초구 서초동에 위치한 철근콘크리트 라멘구조의 A 초고층 공동주택을 측정대상 건물로 선정하였다. 표2는 측정대상 건물의 개요를 나타낸 것이며, 그림1은 바닥구조를 나타낸 것이다.

측정대상 건물은 지하 5층과 지상 37층, 39~94평의 대형 공동주택이며, 측정당시 실내마감은 완료된 상태였다. 바닥구성층의 재료는 모두 동일하고 기본 모재인 철근콘크리트 슬래브의 두께는 180mm로 되어 있었으며, 마감층은 비닐쉬트(20mm), 완충층에는 경량기포콘크리트(30mm), 폴리에틸렌 필름(0.08mm), 경질 단열재(20mm)를 채용하고 있다.

표 2. 측정대상 건물의 개요

번호	평형 [평]	슬래브 두께 [mm]	측정실 면적 [m ²]			측정점
			거실	안방	작은방	
1	58	180	98	58.1	37.9	거실 안방 작은방 각 5점
2	63		126.5	47.5	37.7	
3	79		131.0	54.0	51.6	

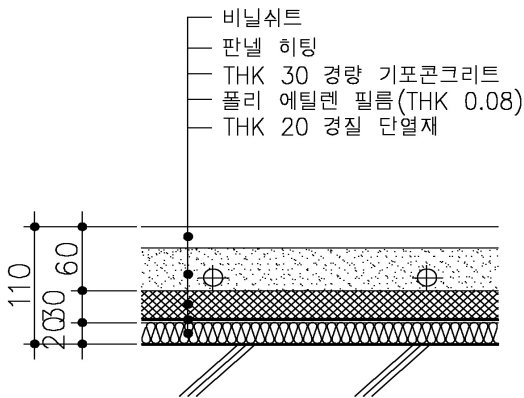


그림 1. 측정대상 건물의 바닥구조

3.2 측정 및 평가방법

3.2.1 측정방법

본 연구에서는 초고층 공동주택의 바닥충격음 결정인자에 대한 정량적인 분석을 위하여 상·중·하층의 평수 및 층수의 차이에 따른 소음기여도를 파악하기 위하여 각 대상건물마다 상하 인접세대의 거실과 안방 및 작은방에서 경량 및 중량충격음을 측정하였다. 그림2는 측정대상 건물의 평면도와 측정점의 위치를 나타낸 것이다.

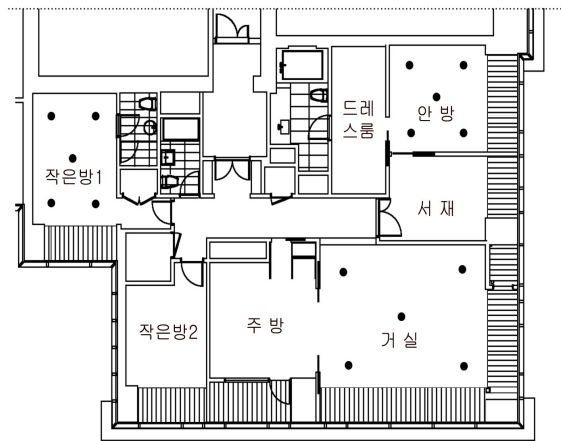


그림 2. 측정대상건물의 평면도 및 측정점

국내의 바닥충격음 차단성능에 대한 현장측정방법은 2001년도 개정된 KS F 2810-1(표준경량충격원에 의한 방법)과 KS F 2810-2(표준경량충격원에 의한 방법)에 따라 실시하도록 되어 있다. 측정방법은 경량충격원의 경우 측정대상 바닥위에 대각선으로 측정선을 긋고 실의 주변벽으로부터 50cm이상 떨어진 바닥평면내로 중앙점 부근의 1점을 포함하여 균등하게 분포하는 4개 지점을 가진점으로 선정하였으며, 중량충격원의 경우는 바닥 평면 내로 중앙점 부근 1점을 포함해서 평균적으로 분포하는 3개 지점을 가진 점으로 선정하여 일정 규격의 경량충격원(Tapping Machine) 및 중량충격원(Bang Machine)에 의해 충격을 주어 수음실로 방사되는 바닥충격음레벨을 측정하였다. 또한 경량충격원은 보와 리브를 갖는 이방성 바닥구조의 경우에는 각 헤머를 연결하는 선이 보와 리브의 방향에 대하여 45° 방향이 되도록 설치하여 발생음의 레벨이 안정하게 되도록 한 후 측정하였다. 수음점(마이크로폰 위치)은 수음실 천장, 주위벽, 바닥면 등으로부터 50cm이상 이격시켜 일정하게 분포되는 4개 지점을 측정점으로 하였으며, 이때 마이크로폰은 바닥으로부터 1.5m 높이에 설치하였으며 방향은 천정면을 향하도록 하였다. 경량충격음의 측정 대상주파수는 측정목적에 따라 옥타브밴드와 1/3옥타브밴드 중 1개를 선택하여 사용할 수 있도록 하고 있으나 현행 바닥충격음 법적 기준에서는 옥타브밴드로 측정하도록 하고 있으므로 경량충격음의 경우에는 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1000Hz, 2000Hz 등

5개 대역에 대해 경량바닥충격음레벨을 측정하였고 중량 충격음의 경우에는 63Hz, 125Hz, 250Hz, 500Hz등 4개 대역에 대해 각 가진점마다 모든 측정점에서 소음계의 시간보정특성 F를 이용해서 각 측정 주파수대역의 최대음압레벨을 측정대상으로 하였으며, 계측시의 동특성은 FAST로 하였다. 또한 현장에서 측정의 신뢰도를 높이기 위하여 5회 이상씩 측정하여 유효한 결과를 취하였으며, 암소음도를 측정하여 측정결과에 영향정도에 따라 보정하여 분석하였다. 잔향시간의 측정방법은 수음실내 1점에 음원스피커를 설치하고 실내에 균등한 분포가 되도록 3점 이상의 측정점을 설치하였고 전체 측정점은 음원 스피커, 벽 등의 실 경계면으로부터 1.0m 이상 이격하였다. 또한 ISO 3382에서 규정하고 있는 1/3 옥타브밴드마다 잔향감쇠곡선을 구하였으며, 측정된 잔향감쇠곡선의 기울기로부터 잔향시간을 구하였다.

측정 및 분석에 사용된 기자재의 내용은 다음 표3과 같다.

표 3. 측정에 사용된 장비

장비명	모델명	업체명
Precision Sound Level Meter	NA-29E	RION
1/3 Octave Band Real-Time Analyzer	SA-27	RION
Tapping Machine	-	-
Bang Machine	FI-02	RION

3.2.2 평가방법

바닥충격음 차단성능에 대한 평가방법은 2002년도에 KS 규격으로 제정된 바 있으며, KS F 2863-1(경량충격원에 대한 바닥충격음 차단성능 평가방법)과 KS F 2863-2(중량충격원에 대한 바닥충격음 차단성능 평가방법)로 나누어 제정되어 있다. 이 두 규격 중 경량충격원에 대한 평가방법은 ISO 717-2를 기본규격으로 하고, 새로운 평가방법(역A곡선을 이용한 평가방법, A특성 음압레벨에 의한 평가법, 산술평균에 의한 평가법 등)을 부속서에 추가하여 규정하는 형태로 구성되어 있으나 중량충격원에 대한 평가방법은 역 A곡선에 의한 평가법을 기본 규격으로 하고, A특성 음압레벨에 의한 평가법, 산술평균에 의한 평가법을 부속서에 포함하여 규정하고 있다.

이들 평가방법 중 본 연구의 바닥충격음 차단성능 기준은 경량 및 중량충격원 모두 역A 특성 기준곡선을 이용하여 평가하는 것으로 하였다. 따라서 경량충격음 측정결과와 KS F 2863-1에 규정하고 있는 평가방법 중 역 A곡선에 의한 평가방법을 이용하여 평가하며, 평가에 사용하는 측정량은 KS F 2810-1에서 정하고 있는 표준화 바닥충격음레벨을 적용하며, 적용 잔향시간을 이용하여 수음실의 흡음력을 보정하였다. 그리고 중량충격음 측정결과와 KS F 2863-2에서 규정하고 있는 평가방법 중 역 A곡선에 의한 평가방법을 이용하여 평가하며, 평가시 사용하는 측정량은 KS F 2810-2에서 정하고 있는 바닥충격음레벨을 적용하였다.

4. 측정 및 분석결과

4.1 바닥충격음 차음성능의 분석

측정대상 건물의 경량 바닥충격음의 역A 특성곡선을 이용한 단일 수치량 평가결과, 거실은 $L'_{n,AW} = 46 \sim 50$, 안방은 $L'_{n,AW} = 46 \sim 55$, 작은방은 $L'_{n,AW} = 44 \sim 49$ 의 성능을 보이는 것으로 나타났다. 중량 바닥충격음의 역A 특성곡선을 이용한 단일 수치량 분석결과, 거실은 $L_{i,Fmax,AW} = 43 \sim 48$, 안방은 $L_{i,Fmax,AW} = 47 \sim 50$, 작은방은 $L_{i,Fmax,AW} = 44 \sim 50$ 의 성능을 보이는 것으로 분석되었다. 따라서 측정대상 건물의 바닥충격음 차음성능은 '주택건설기준등에 관한 규정'에서 건설교통부장관이 정하여 고시하는 바닥충격음의 평가기준인 경량충격음 58dB, 중량충격음 50dB이하(2005년 7월 시행 예정)를 만족하고 있는 것으로 평가되었다. 또한 평가기준에 비해 경량충격음의 경우, 거실은 8~12dB, 안방은 3~12dB, 작은방은 9~14dB 정도의 평가량이 우수하게 나타나고 있으며, 중량충격음의 경우 거실은 2~7dB, 안방은 3dB, 작은방은 6dB 정도 기준치보다 우수한 것으로 평가되었다. 그림 1과 그림 2는 측정대상건물의 단일수치평가량을 기준치와 비교한 것이다.

표 4. 바닥충격음 차음성능

평형	측정 위치	단일수치평가 ($L'_{n,AW}$)	단일수치평가 ($L_{i,Fmax,AW}$)	L-value	
				경량	중량
58	거실	48	48	53	53
	안방	50	48	55	53
	작은방	47	49	52	54
63	거실	49	45	54	50
	안방	48	49	53	54
	작은방	45	45	50	50
79	거실	48	47	53	52
	안방	48	48	53	53
	작은방	47	46	52	51

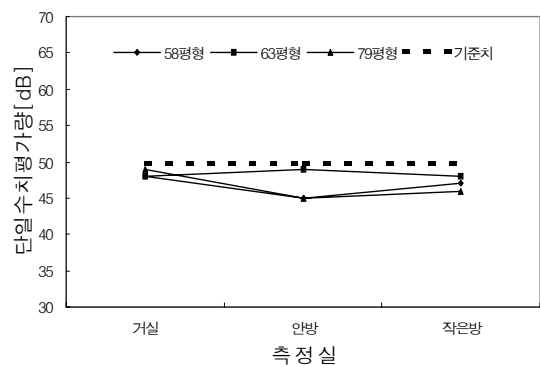


그림 3. 바닥충격음 차음성능(중량)

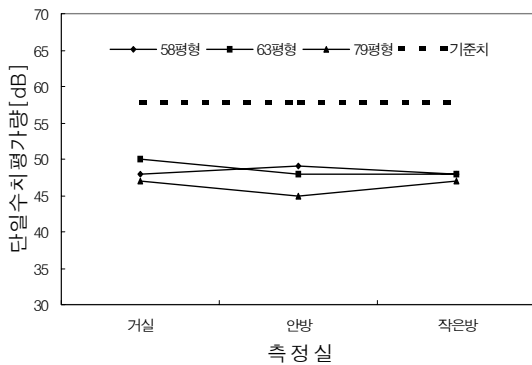


그림 4. 바닥충격음 차음성능(경향)

기존의 연구결과에서 보고된 내용과 본 분석현황을 고려할 때, 벽식 RC구조인 기존 공동주택은 전반적으로 면적이 넓은 거실이 안방과 작은방에 비해 차음성능상 불리한 것으로 분석되고 있으나, 장 스패의 RC 라멘구조인 초고층 공동주택에서는 기존의 연구결과와 상반되는 경향을 보이는 것으로 분석되었다. 표5는 바닥구조의 차음성능에 대한 기존의 연구결과와 차음성능을 규정하고 있는 평가기준을 보여주고 있다.

표 5. 바닥구조의 차음성능에 대한 비교 및 평가

구분	분석결과		기준 연구1) 기준안	국내2) 기준	일본건축학회	
	L-value	단일수치 평가량				
경량	거실	53~54	48~49	경량 : L-70 (권장L-60)	$L'_{n,AW} = 58$	약간거슬림
	안방	53~55	48~50			약간거슬림
	작은방	50~52	45~47			거의 거슬림 없음
중량	거실	50~53	45~48	중량 : L-50 (권장L-45)	$L_{i,Fmax,AW} = 50$	거의 거슬림 없음
	안방	53~54	48~49			약간거슬림
	작은방	50~54	45~49			약간거슬림

분석결과를 국내 RC구조 공동주택의 소음실태와 설문조사 및 청감실험을 통하여 제한한 바닥충격음의 차음성능 기준안 및 현재 새롭게 개정된 기준안과 비교해 보면, 경량충격음의 경우는 기준을 충분히 만족하고 있으며 중량충격음의 경우도 기준을 만족하고 있는 것으로 나타났다. 또한 일본건축학회에서 바닥충격음에 관한 차음등급 결정시 기초자료로 이용하였던 ‘차음등급과 생활실감과의 대응’에서 경량 및 중량충격음은 ‘약간 거슬림’ 정도의 수준으로 나타났다.

1) 공동주택 내부소음기준설정 연구(I)-바닥충격음의 차음성능 기준, 1990.12. 대한주택공사
 2) 주택건설기준등에관한규정 제14조 제3항 바닥충격음에 대한 성능기준, 2003.4.22

4.2 평형별 바닥충격음레벨 및 주파수특성

1) 중량충격음

바닥충격음 저감효과를 검토하기 위하여 측정대상 건물의 평형에 따른 각 실별 주파수변화 특성을 살펴보았다. 58평형은 표6에서 볼 수 있듯이 63Hz에서 가장 레벨이 높고 고주파수 영역으로 갈수록 레벨이 저하되는 전형적인 중량충격음원의 주파수특성을 보이고 있다. 각 실별 바닥충격음레벨 비교는 상대적으로 실면적이 큰 거실바닥이 안방과 작은방 바닥에 비해 250Hz 부분에서 각각 1.8dB, 6dB, 500Hz에서 평균 1dB 및 6dB정도로 거의 전 주파수영역에 걸쳐 충격음레벨이 저감되는 것으로 나타났다. 또한 측정 평형별로 중량바닥충격음 단일수치량으로 평가한 결과로 살펴보면, 거실바닥은 $L_{i,Fmax,AW} = 47$, 안방바닥은 $L_{i,Fmax,AW} = 48$, 작은방 바닥은 $L_{i,Fmax,AW} = 49$ 로 나타나, 상대적으로 실면적이 큰 거실바닥이 실면적이 작은 안방과 작은방에 비하여 1~2dB 정도의 바닥충격음 저감효과가 있는 것으로 분석되었다.

63평형의 경우, 각 실별 바닥충격음레벨 비교는 상대적으로 실면적이 큰 거실바닥이 안방바닥에 비해 전 주파수영역에서 저감효과가 있는 것으로 나타났으며, 500Hz 부분에서 최고 6.6dB의 저감효과를 보이고 있는 것으로 분석되었으나 작은방에 대해서는 125Hz와 250Hz에 각각 1.3dB와 1.2dB가 증가하는 것으로 나타났다. 또한 단일수치량으로 평가한 결과, 거실바닥은 작은방 바닥과 동일한 측정치인 $L_{i,Fmax,AW} = 45$ 로 나타나 상대적으로 넓은 면적의 거실바닥이 작은방 바닥에 비하여 중량충격음원에 대한 저감효과는 거의 없는 것으로 나타났으나, 안방바닥은 $L_{i,Fmax,AW} = 49$ 로 상대적으로 실면적이 큰 거실바닥이 4 dB 정도의 바닥충격음저감효과가 있는 것으로 분석되었다.

79평형의 경우, 각 실별 바닥충격음레벨 비교는 상대적으로 실면적이 큰 거실바닥이 안방바닥에 비해 500Hz에서 최고 3.2dB, 작은방 바닥에 비해 250Hz에서 최고 1.7dB 정도의 저감효과가 있는 것으로 나타났으나 63Hz에서는 오히려 작은방 바닥에 비해 1.9dB 증가하는 것으로 나타났다. 단일수치량으로 평가한 결과, 거실바닥은 $L_{i,Fmax,AW} = 47$, 안방바닥은 $L_{i,Fmax,AW} = 48$, 작은방 바닥은 $L_{i,Fmax,AW} = 46$ 으로 나타나, 상대적으로 실 면적이 큰 거실이 안방에 비하여 1dB 정도의 바닥충격음 저감효과 있는 것으로 나타났으나, 실면적이 가장 작은방 바닥에 비해 1dB 정도의 증가하는 것으로 나타났다.

따라서 각 측정 평형별로 중량바닥충격음 주파수특성 분석결과, 상대적으로 실 면적이 큰 거실이 중량충격음레벨이 유사하게 나온 63평형의 작은방 바닥의 경우를 제외하고 상대적으로 실면적이 작은 안방과 작은방에 비해 거의 전 주파수영역에 걸쳐 충격음레벨이 저감되는 것으로 나타났다. 또한 단일수치평가량로 평가한 결과, 각 실별 바닥충격음레벨 비교는 상대적으로 실 면적이 큰 거실이 안방에 비해 평균 1~4 dB 정도, 작은방에 비해서는 1dB 정도의 바닥충격음 저감효과가 있는 것으로 평가

되어 기존 RC 벽식구조와는 상반된 결과를 보이는 것으로 분석되었다. 특히 거실 바닥의 경우, 안방바닥과 작은방 바닥에 비해 저주파수 대역에서 개선효과가 있는 것으로 나타났는데 이는 바닥충격음은 바닥에 작용하는 운동력에 의해서 발생하므로, 기존 RC 벽식구조와는 달리 장 스패를 사용하는 RC 라멘조의 초고층 공동주택이 상대적으로 저주파수대역에서 바닥충격음 저감에 유리하게 작용하기 때문인 것으로 판단된다.

표 6. 평형별 바닥충격음 차음성능(중량)

평형	측정실	옥타브밴드 중심주파수 (Hz)				단일수치평가 ($L_{i,Fmax,AW}$)
		63	125	250	500	
58	거실	75.9	62.6	48.5	40.2	47
	안방	76.8	62.1	50.3	41.2	48
	작은방	76.1	64.3	54.5	46.2	49
63	거실	74.4	59.4	45.8	35.6	45
	안방	79.3	61.3	49.2	42.2	49
	작은방	74.3	58.1	44.6	35.6	45
79	거실	76.9	59.0	45.7	37.2	47
	안방	79.5	59.3	48.1	40.4	48
	작은방	75.0	58.5	47.4	38.7	46

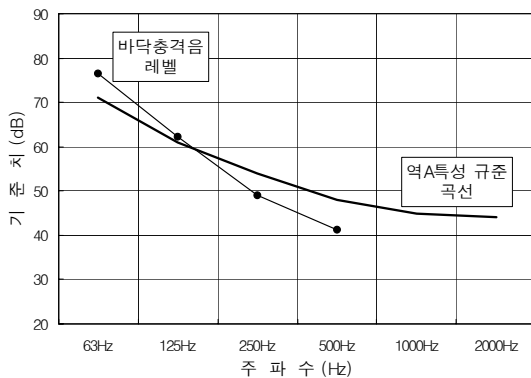


그림 5. 바닥충격음 차음성능(58평형-거실, 중량)

2) 경량충격음

각 평형별 바닥충격음레벨의 주파수 분석특성은 비교적 저주파수영역에 해당하는 125Hz에서 최고치를 보이고 있다. 58평형의 경우 각 실별 바닥충격음레벨 비교는 상대적으로 실면적이 작은 작은방 바닥은 상대적으로 큰 거실 바닥에 비해 250Hz에서 최고 1.5dB, 안방에 비해 1kHz에서 최고 4.3dB정도로 거의 전 주파수영역에 걸쳐 충격음레벨이 저감되는 것으로 나타났다. 또한 측정 평형별로 경량바닥충격음 단일수치량으로 평가한 결과로 살펴보면, 거실바닥은 $L'_{n,AW}$ =48, 안방바닥은 $L'_{n,AW}$ =50, 작은방 바닥은 $L'_{n,AW}$ =47로 나타나, 작은방 바닥이 실면적이 큰 거실과 안방 바닥에 비해 각 1dB와 3dB 정도의 바닥충격음저감효과가 있는 것으로 분석되었다.

63평형의 경우, 58평형과 마찬가지로 상대적으로 실면적이 작은 작은방 바닥이 거실 바닥에 비해 125Hz에서 최고 6.3dB, 안방에 비해 500Hz에서 최고 5.7dB정도로 거의 전 주파수영역에 걸쳐 충격음레벨이 저감되는 것으로

나타났다. 또한 단일수치량으로 평가한 결과, 거실바닥은 $L'_{n,AW}$ =49, 안방 바닥은 $L'_{n,AW}$ =48로 나타나, 작은방 바닥은 $L'_{n,AW}$ =45로 나타나 상대적으로 실면적이 작은 작은방이 거실과 안방에 비하여 각 4dB와 3dB 정도의 바닥충격음저감효과가 있는 것으로 분석되었다. 79평형의 경우, 주파수분석결과는 상대적으로 실면적이 작은 작은방 바닥이 거실 바닥에 비해 63Hz에서 최고 4.8dB, 안방 바닥에 비해 500Hz에서 최고 1.3dB정도의 저감효과가 있는 것으로 나타났으나 2kHz에서는 오히려 거실과 안방바닥에 비해 각각 1.2dB와 2.4dB 증가하는 것으로 나타났다. 단일수치량으로 평가한 결과, 거실 및 안방 바닥은 $L'_{n,AW}$ =48, 작은방 바닥은 $L'_{n,AW}$ =47로 나타나, 거실 및 안방에 비하여 상대적으로 실면적이 작은 작은방 바닥이 거실 및 안방바닥에 비하여 각각 1dB정도의 바닥충격음저감효과 있는 것으로 나타났다.

따라서 각 측정 평형별로 경량바닥충격음 주파수특성 분석결과, 중량충격원은 고주파수대역으로 갈수록 레벨이 저하되는 일반적인 중량충격원의 특성을 보이고 있으나, 경량충격원의 경우 비교적 저주파수영역에 해당하는 125Hz에서 최고치를 보이고 있었다. 또한 상대적으로 실면적이 작은 작은방의 경우가 상대적으로 큰 거실과 안방에 비해 경량충격원에 대한 저감효과가 비교적 우수한 것으로 평가되었다. 단일수치평가량으로 평가한 결과, 상대적으로 실 면적이 작은 작은방이 거실에 비해 평균 1~4 dB 정도, 안방에 비해 1~3dB 정도의 바닥충격음 저감효과가 있는 것으로 평가되었다. 이는 일반적으로 경량충격음은 중량충격원과 달리 지속적으로 음을 발생시키기 때문에 실 크기에 따른 변화는 거의 발생하지 않는 것으로 판단된다.

표 7. 평형별 바닥충격음 차음성능(경량)

평형	측정실	옥타브밴드 중심주파수 (Hz)					단일수치평가 ($L'_{n,AW}$)
		125	250	500	1000	2000	
58	거실	61.9	55.4	51.4	45.9	43.6	48
	안방	61.3	56.0	54.1	49.5	43.8	50
	작은방	61.4	53.9	50.2	45.2	42.7	47
63	거실	64.4	58.8	51.1	44.5	32.0	49
	안방	59.3	57.0	53.2	42.6	29.2	48
	작은방	58.1	51.3	51.9	41.1	27.5	45
79	거실	62.3	55.7	51.4	46.0	38.7	48
	안방	58.3	54.0	52.5	47.0	37.5	48
	작은방	57.5	53.2	51.3	47.1	39.9	47

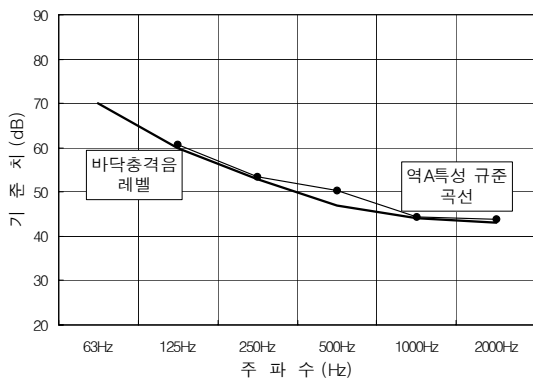


그림 6. 바닥충격음 차음성능(58평형-거실, 경량)

4.3 층수별 바닥충격음레벨 및 주파수특성

1) 중량충격음

초고층 공동주택의 층별 바닥충격음 저감효과를 검토하기 위하여 측정대상 건물의 바닥구조에 대한 충격음레벨을 측정하였다. 층수에 따른 바닥충격음레벨 평가는 현장여건을 고려하여 5층(하층), 14층(중층), 29층(상층)으로 구분하여 바닥충격음 변화를 살펴보았다.

측정대상 건물의 거실 바닥의 주파수특성을 살펴보면, 각 층별은 거실, 안방, 작은방바닥 전체에서 중량충격음레벨이 63Hz에서 가장 레벨이 높고 고주파수대역으로 갈수록 레벨이 저하되는 일반적인 중량충격음의 특성을 보이고 있다. 거실바닥의 층수 차이에 따른 바닥충격음레벨의 주파수특성을 살펴보면, 29층의 거실바닥이 5층과 14층의 거실바닥에 비해 63Hz부분에서 각각 1.3dB와 1.2dB, 250Hz에서 최고 0.9dB와 1.1dB 정도로 거의 전 주파수영역에 걸쳐 충격음레벨이 저감되는 것으로 나타났다. 또한 단일수치량으로 평가한 결과, 5층 거실바닥은 $L_{i,Fmax,AW} = 47$, 14층은 $L_{i,Fmax,AW} = 48$, 29층의 거실바닥은 $L_{i,Fmax,AW} = 46$ 으로 나타나, 상대적으로 층수가 높은 29층의 거실바닥이 5층과 14층 거실바닥에 비하여 각각 1dB와 2dB 정도의 바닥충격음저감 효과가 있는 것으로 분석되었다.

안방 바닥의 층수 차이에 따른 바닥충격음레벨의 주파수특성을 살펴보면, 29층의 거실바닥이 5층과 14층의 거실바닥에 비해 63Hz부분에서 각각 3.1dB와 3.5dB 저감효과가 있는 것으로 나타났으나 250Hz에서는 오히려 5층과 14층 안방바닥에 비해 각각 2.1dB와 1.0dB 증가하는 것으로 나타났다. 또한 단일수치량으로 평가한 결과, 5층 거실바닥은 $L_{i,Fmax,AW} = 48$, 14층은 $L_{i,Fmax,AW} = 49$, 29층은 $L_{i,Fmax,AW} = 47$ 으로 나타나, 거실바닥의 바닥충격음레벨 특성과 마찬가지로 상대적으로 층수가 높은 29층의 안방바닥이 5층과 14층 거실바닥에 비하여 1~2dB 정도의 바닥충격음저감 효과가 있는 것으로 분석되었다.

작은방 바닥의 주파수특성을 살펴보면, 29층의 작은방바닥이 5층과 14층의 작은방바닥에 비해 63Hz부분에서 각각 2.5dB와 1.5dB, 500Hz에서는 5층의 작은방바닥에

비해 최고 3.3dB정도로 거의 전 주파수영역에 걸쳐 충격음레벨이 저감되는 것으로 나타났다. 또한 단일수치량으로 평가한 결과, 5층 작은방 바닥은 $L_{i,Fmax,AW} = 48$, 14층의 작은방 바닥은 $L_{i,Fmax,AW} = 50$, 29층의 거실바닥은 $L_{i,Fmax,AW} = 45$ 로 나타나, 상대적으로 층수가 높은 29층의 작은방 바닥이 5층과 14층 안방바닥에 비하여 각각 3dB, 5dB 정도의 바닥충격음저감 효과가 있는 것으로 분석되었다.

따라서 각 측정 층수별로 중량바닥충격음 주파수특성 분석결과, 상대적으로 층수가 높은 29층의 실 바닥의 중량충격음레벨이 상대적으로 층수가 낮은 5층과 14층의 실바닥에 비해 거의 전 주파수영역에 걸쳐 충격음레벨이 저감되는 것으로 나타났다. 또한 각 측정 평형별로 중량바닥충격음 단일수치평가량으로 평가한 결과, 상대적으로 29층이 5층과 14층에 비해 평균 5층은 1~3 dB 정도, 14층에 비해서는 2~5dB 정도의 바닥충격음 저감효과가 있는 것으로 평가되어 기존 RC 벽식구조와는 상반된 결과를 보이는 것으로 분석되었다.

표 8. 층수별 바닥충격음 차음성능(중량)

측정실	층 수	옥타브밴드 중심주파수 (Hz)				단일수치평가 ($L_{i,Fmax,AW}$)
		63	125	250	500	
거실	5층	76.5	60.3	47.1	38.8	47
	14층	76.4	62.1	47.3	37.9	48
	29층	75.2	59.5	46.2	37.8	46
안방	5층	79.1	60.9	48.4	41.1	48
	14층	79.5	61.9	49.3	42.2	49
	29층	76.0	59.6	50.3	39.7	47
작은방	5층	76.4	61.0	50.6	43.4	48
	14층	75.4	62.4	49.8	40.1	50
	29층	73.9	59.5	49.5	40.1	45

2) 경량충격음

측정대상 건물의 거실 바닥의 주파수특성을 살펴보면, 각 층별의 경량충격음은 중량충격음의 변화특성과 유사하게 63Hz에서 가장 레벨이 높고 고주파수대역으로 갈수록 레벨이 저하되는 특성을 보이고 있다. 층수 차이에 따른 바닥충격음레벨의 주파수특성을 살펴보면, 29층의 거실바닥이 5층과 14층의 거실바닥에 비해 500Hz부분에서 각각 1.6dB와 0.6dB 정도의 충격음레벨이 저감되었으나 2000Hz 부분에서는 5층과 14층의 거실 바닥에 비해 오히려 각각 2.8dB와 1.2dB가 증가하는 것으로 분석되었다. 또한 단일수치량으로 평가한 결과, 5층 거실바닥은 $L'_{n,AW} = 49$, 14층과 29층은 각각 $L'_{n,AW} = 48$ 로 나타나 상대적으로 층수가 높은 29층과 14층의 거실바닥이 5층의 거실바닥에 비하여 1dB 정도의 바닥충격음저감 효과가 있는 것으로 분석되었다.

안방 바닥의 주파수특성을 살펴보면, 29층의 안방바닥이 5층과 14층의 안방바닥에 비해 250Hz부분에서 각각 2.9dB와 1.3dB 정도의 충격음레벨이 저감되는 것으로 나타났으나, 2000Hz 부분에서는 거실바닥의 경우와 마찬가지로

지로 5층과 14층의 안방바닥에 비해 오히려 각각 1.7dB와 2dB가 증가하는 것으로 분석되었다. 단일수치량으로 평가한 결과, 5층 거실바닥은 $L'_{n,AW} = 51$, 14층은 $L'_{n,AW} = 48$, 29층은 $L'_{n,AW} = 47$ 로 나타나 상대적으로 층수가 높은 29층의 안방바닥이 상대적으로 층수가 낮은 5층 및 14층의 안방바닥에 비하여 각각 4dB 및 1dB 정도의 바닥충격음저감 효과가 있는 것으로 분석되었다.

작은방 바닥의 주파수특성은 29층의 작은방바닥이 5층과 14층의 작은방바닥에 비해 250Hz부분에서 각각 1.6dB와 3.1dB, 500Hz에서는 각각 3.6dB와 1.8dB 정도의 충격음레벨이 저감되는 것으로 나타났으나, 1000Hz 및 2000Hz부분에서는 거실바닥의 경우와 마찬가지로 5층과 14층의 안방바닥에 비해 오히려 각각 1.6dB와 1.5dB, 5.1dB와 1.6dB가 증가하는 것으로 분석되었다. 측정 층수별로 경량바닥충격음 단일수치량으로 평가한 결과, 5층, 14층, 29층은 모두 $L'_{n,AW} = 48$ 로 나타나 상대적으로 층수가 높은 29층과 층수가 낮은 8층과 19층의 작은방바닥의 바닥충격음레벨의 차는 거의 없는 것으로 분석되었다.

따라서 각 측정 층수별로 경량바닥충격음 주파수특성 분석결과, 상층인 29층의 실 바닥 충격음레벨이 5층과 14층의 실 바닥에 비해 1000Hz 이하 부분에서 전 주파수영역에 걸쳐 바닥충격음레벨 저감효과가 있는 것으로 분석되었다. 또한 각 측정 층수별로 경량바닥충격음 단일수치량으로 평가한 결과, 층수에 관계없이 동일한 바닥충격음레벨을 나타낸 작은방 바닥을 제외하고 상대적으로 층수가 높은 29층과 14층이 층수가 낮은 5층에 비해 거실바닥의 경우는 각각 1dB, 안방바닥은 각각 3dB와 4dB 정도의 저감효과가 있는 것으로 분석되었다.

표 9. 층수별 바닥충격음 차음성능(경량)

측정실	층수	옥타브밴드 중심주파수 (Hz)					단일수치평가 ($L'_{n,AW}$)
		125	250	500	1000	2000	
거실	5층	62.7	56.3	52.1	45.5	38.6	49
	14층	62.3	56.1	51.1	46.0	40.2	48
	29층	62.1	55.5	50.5	46.0	41.4	48
안방	5층	60.6	56.6	55.8	49.2	38.6	51
	14층	61.3	55.0	51.4	46.0	38.3	48
	29층	57.0	53.7	51.4	46.3	40.3	47
작은방	5층	58.4	53.3	52.5	45.0	36.9	47
	14층	60.1	54.8	50.7	45.1	40.4	47
	29층	59.8	51.7	48.9	46.6	42.0	47

5. 결론

초고층 공동주택의 평수 및 층수에 따른 바닥충격음 차음성능을 검토하기 위하여 현장측정을 실시하였으며, 측정결과를 비교·분석하여 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 측정대상 건물의 경량바닥충격음의 역A 특성곡선을

이용한 단일수치량 평가결과, 거실은 $L'_{n,AW} = 46 \sim 50$, 안방은 $L'_{n,AW} = 46 \sim 55$, 작은방은 $L'_{n,AW} = 44 \sim 49$ 의 성능을 보였으며, 중량바닥충격음은 거실이 $L_{i,Fmax,AW} = 43 \sim 48$, 안방은 $L_{i,Fmax,AW} = 47 \sim 50$, 작은방은 $L_{i,Fmax,AW} = 44 \sim 50$ 로 나타나 바닥충격음의 평가기준인 경량충격음 58dB, 중량충격음 50dB이하(2005년 7월 시행 예정)를 만족하고 있는 것으로 평가되었다. 여기서, 벽식 RC구조인 기존 공동주택은 전반적으로 면적이 넓은 거실이 안방과 작은방에 비해 차음성능상 불리한 것으로 분석되고 있으나, RC 라멘조인 초고층 공동주택에서는 기존의 연구결과와 상반되는 경향을 보이는 것으로 분석되었다.

2) 거실과 침실, 작은방 바닥의 측정 평형별로 바닥충격음 차음성능은 중량충격음의 경우 상대적으로 실 면적이 큰 거실이 상대적으로 실면적이 작은 안방과 작은방에 비해 거의 전 주파수영역에 걸쳐 충격음레벨이 저감되는 것으로 나타났다. 그러나 경량바닥충격음의 경우에는 상대적으로 실면적이 작은 작은방이 상대적으로 큰 거실과 안방에 비해 충격음레벨에 대한 저감효과가 비교적 우수한 것으로 평가되었다.

3) 측정대상 건물의 거실과 침실, 작은방 바닥의 측정 층수별로 바닥충격음 차음성능은 중량 및 경량충격음 모두 상대적으로 층수가 높은 29층이 상대적으로 층수가 낮은 5층과 14층의 실바닥에 비해 거의 전 주파수영역에 걸쳐 충격음레벨이 저감되는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 이상우,이언구,나수연, 철골조 아파트의 차음성능에 관한 연구, 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집, 제 39집, 2000, 4
2. 이상우,정대업,이수열,차상곤, 철골조 공동주택의 차음성능 실태조사에 관한 연구, 한국소음진동학회학술발표대회논문집, 제 1집, 2000, 6
3. 이상우,정대업,이수열, A Preliminary Investigation of Diffusion in Auditoria, 아시아 국제 심포지엄, P 624 ~P 632, 2000, 2
4. 건설교통부, 공동주택 바닥충격음 완화를 위한 표준바닥구조의 설계·시공기술 및 활용방안 연구, 2004
5. Jaehee Jang, Byung hun Lim, Sang Woo Lee, System Development to reduce Floor Impact Sound in Apartment Houses, JASA, Vol 105, 1999, 2