

바닥 衝擊音 遮音性能基準 및 等級化에 관한 研究(Ⅱ)*

A Study on the Standard and Classification of Impact Sound Insulation Performance for Apartment House(Ⅱ)

김 선 우*, 손 철 봉**, 송 용 식***, 장 길 수****
이 태 강*, 국 찬*, 김 재 수*, 한 명 호*

(Sun Woo Kim, Chul Bong Son, Yong Sik Song, Gil Soo Jang, Tae Kang Lee,
Chan Kook, Jae Soo Kim, Myung Ho Han)

요 약

국내 실정에 적합한 차음성능기준 및 등급화 방안을 설정하기 위하여 그 기초 연구단계로서 주민반응조사 및 차음성능수준을 측정하고, 차음성능 평가치와 생활감과의 상관관계를 분석 외국의 기존 평가기준곡선 적용가능성을 검토하였다.

분석결과 ISO에 의한 평가방법보다는 JIS에 의한 평가방법이 국내 공동주택의 경우에는 보다 합리적임을 파악하였고, 표준충격원은 경량 및 중량충격원을 사용하는 것이 타당하다고 판단된다. 또한 측정시 문제가 되는 63Hz 중심 주파수대역을 측정범위에서 제외하여도 차음성능 지수상의 오차는 무시할 수 있었다.

ABSTRACT

This study aims to establish the appropriate class and standards of sound insulation performance, which are suitable for domestic conditions. For these purpose, field surveys were conducted, relationship between subjective response and impact sound insulation performance and then, the applicability of ISO and JIS evaluation method was reviewed.

As a result, the JIS's method is more advisable than the ISO to evaluate Impact sound insulation performance of domestic apartment house and it is desirable to use both light and heavy weight source (tapping machine, tire) as standard impact sources.

And, whether including 63Hz bandwidth or not, the difference was recognized very small in calculating impact sound insulation index of JIS A 1419.

1. 서 론

바닥충격음에 대한 평가방법을 설정하기 위해서는 주요 發生衝擊源의 特性을 파악하고 실제 바닥에 대한 物理的 測定값기 이에 대한 居住者의 生活感을 다각적으로 분석함으로써 가능하다. 그러나 우리

* 전남대학교 건축공학과

** 순천공업전문대학 건축설비과

*** 대한주택공사 주택연구소

**** 동신공과대학 선임강사

*이 논문은 1988년도 문교부 지원 한국학술진흥재단의 자우공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구된 결과임.

나라와 같이 현실적으로 바닥충격음에 관한 연구가 미흡하여 조사 및 연구자료가 충분히 집적되지 않은 실정에서 다양한 물리적 측정값과 주민반응 조사자료를 갖기 어렵고, 현재 국내에서 시공되고 있는 바닥구조는 모두 일본의 최저등급인 L-60에도 미치지 못하고 있어 실태조사 및 주민반응 조사를 통한 遮音性能 基準 및 等級化方案 모색은 한계가 있다고 하겠다¹⁾.

따라서 우리 실정에 적합한 평가방법을 설정하기 위해서는 기존 외국의 평가방법 적용 가능성을 검토해 보고 아울러 평가방법의 문제점 해결방안으로 제시된 새로운 평가방법도 모색해 나가는 것이 필요하다고 본다.

이러한 관점에서 본 연구에서는 내부소음의 실태를 재조명 해 보고, 국내 공동주택에서 가장 문제가 되는 소음원을 추출코자 한다. 그런데 현 측정방법에 의한 바닥충격음레벨은 완충층의 구성재료와 밀접한 관계가 있음으로, 본 연구에서는 국내에서 가장 많이 시공되고 있는 완충층 재료²⁾인 경량기포콘크리트와 발포폴리스티렌폼을 사용한 바닥구조에서의 각종 실제 충격원에 의한 바닥충격음레벨을 표준충격원에 의한 측정치와 비교분석함으로써 차음성능기준 곡선의 설정방향을 제시하고자 한다. 또한 기존 외국의 평가방법을 적용하였을 때의 문제점을 파악하고, 차음성능이 결정되는 차음 등급 결정주파수 대역을 조사함으로써 외국 평가방법의 국내 적용가능성과 그 타당성도 검토하였다.

II. 國內 共同住宅 主要 內部騒音源 分析

2-1. 主要 內部騒音源 分析

共同住宅 거주자는 중가추세이고 쾌적한 주거환경에 대한 거주자의 욕구는 증대되는데 반하여 共同住宅에 사용되는 재료의 두께는 점점 얇아지고 경량화되고 있으며, 이웃과 벽체 및 바닥을 공유하여야 하는 共同住宅의 특수성 때문에 내부소음에 대한 불만족 비율이 매우 높아져가고 있다.

따라서 外國에서는 바닥충격음에 대한 遮音性能測定方法과 評價方法을 基準化하고 있으며, 계속적인 연구를 통하여 그 기준을 수정 보완하고 있다. 外國

中 우리와 생활습관이 유사한 日本의 경우 1970년대에서 1979년 1980년에 首都圏과 近畿圏에서 실시된 맨션 거주자 1,445명을 대상으로 "거주자가 가장 싫어하는 것"에 가장 상세히 표시하는 것이 좋다"라고 생각하는 항목에 대한 앙케이트 조사결과³⁾, 원충 세대에서 발생하는 어린이의 밟, 달리는 행위 등의 바닥충격음에 대한 차단성능을 지적한 사람이 71.5%로서 1위를 점해 스스로가 거주한 경험에서 위층세대의 바닥충격음에 대한 차단성능이 어느 정도의 레벨인가를 구입하기 전에 알고 싶어하는 바램이 명확히 나타나 있다. 또한 같은 조사에 의하면 분양맨션의 "性能表示制度"에 대해 64.5%가 적극적으로 도입해야 한다고 한다.

日本 보다 5년 후인 1978년 바닥衝擊音 測定方法(KS F 2810)을 제정한 國內의 경우, 1986년 대한주택공사와 전남대학교가 공동으로 전국 공동주택 거주자 2,825세대를 대상으로 소음실태조사를 실시한 결과에 의하면⁴⁾, 窻內騒音이 "자주 발생한다"와 "가끔 발생한다"에 대한 指摘率은 윗집으로 부터가 77.5%, 옆집 53.7%, 이웃동 34.4%, 아랫집 30.2%에 이르렀고, 이러한 발생빈도에 대해 "매우 시끄럽다"와 "시끄럽다"라고 응답한 비율은 윗집이 31.5%, 옆집 12.0%, 이웃동 7.7%, 아랫집 7.4% 등으로 이따따 공동주택 소유정도가 매우 심각함을 알 수 있었다. 또한 窻內騒音 때문에 生活에 防害를 받는다고 응답한 지적율은 "소음에 대해 신경질 및 짜증이 난다"가 58.9%, "독서 및 정신집중에 방해가 된다"가 48.7%로 전체주민의 과반수 이상이 생활상의 장애를 받고 있음을 알 수 있었다. 특히 이웃에 들릴 수 있게 되어 위축된 생활을 하고 있음을 나타내는 비율이 73.5%에 이르러 실내소음이 거주자에게 주는 피해가 매우 심각함을 확인할 수 있다. 즉, 국내 공동주택 거주자의 3/4 정도가 소음에 대한 피해의식을 가지고 있으며, 특히 윗층에서 발생하는 소음에 대하여 시끄럽다고 느끼는 거주자가 1/3에 이르고 있음을 알 수 있다.

이러한 내부소음중 가장 문제가 심각한 원충으로부터 발생하는 내부소음원의 종류를 지금까지 국내에서 기 발표된 논문을 토대로 정리하여 보면 표 1과 같다.

표 1. 주요 내부소음원의 비교

분류 대상 순위	참고문헌2	참고문헌5	참고문헌6	참고문헌7
	전 국 2,825세대	대 한 주 택 공 사 청주5층형 415세대	삼 실 수 공 5단지 711세대	전 국 569세대
1	아이들 뛰노는소리 (40.7%)	계 단 발 자 국 (46.5%)	욕 실 급 배 수 음 (55.1%)	아이들 뛰노는소리 (43.5%)
2	욕 조 급 배 수 음 (40.3%)	변 소 급 배 수 음 (63.9%)	계 단 실, 복 도 발 자 국 (43.6%)	악 기 음 (42.1%)
3	계 단, 복 도 발 자 국 (40.1%)	부 일 급 배 수 음 (60.0%)	부 언 급 배 수 음 (42.2%)	계 단 발 자 국 (41.8%)
4	변 기 급 배 수 음 (39.9%)	쓰레기 버리는소리 (58.2%)	뛰 노 는 소 리 (41.3%)	화 장 실 급 배 수 음 (38.9%)
5	현 관 문 개 께 음 (30.3%)	현 관 문 개 께 음 (54.3%)	쓰레기 버리는소리 (38.5%)	창 문 여 달 는 소 리 (32.6%)
6	쓰레기 버리는소리 (30.2%)	아이들 뛰노는소리 (47.2%)	현 관 문 개 께 음 (31.2%)	실 내 발 자 국 소 리 (24.5%)

※ 표의 指摺率은 “매우 불만족+불만족”의 指摺率임.

표에서 [참고문헌 5]와 [참고문헌 6]의 경우 바닥 충격음 계통의 계단발자국 소리와 설비음계통의 욕실 급배수음의 순서가 바뀐 것은 前者의 경우 저층형(5층) 아파트로 변소와 주침실이 분리되어 있는 계단홀식의 저층아파트이고 後者の 조사 대상 아파트는 편복도식의 고층아파트이기 때문으로 판단 된다. 그러나 두 경우 모두 비교적 초창기에 건립된 共同住宅이고 조사대상 공동주택이 전국 2,825세대의 조사대상에 포함되고 있으므로, 현 국내 공동주택에서 가장 문제가 되는 内部騒音源은 아이들 뛰노는 소리로 대표되는 바닥충격음 계통의 내부소음원과 욕실급배수음으로 대표되는 설비음계통의 내부소음원이라고 할 수 있다. 이러한 주요 내부소음원을 발생 시간별로 분류하여 조사한 결과를 보면 주간대에는 바닥충격음 계통의 소음원이 밤에는 설비음계통의 소음원이 가장 문제가 됨을 알 수 있어⁸⁾ 효과적인 공동주택 내부소음대책을 수립하기 위해서는 가장 문제가 되는 바닥충격음 계통에 대한 遮音性能基準 設定과 더불어 設備音系統에 대한 대책도 보완되어야 한다고 판단된다.

2-2. 内部騒音 發生原因 分析

遮音性能의 評價方法 設定을 위해서는 무엇보다도 주요 내부소음원을 추출하고 그 소음원의 음향적 특성과 전파특성을 파악하는 것이 중요하다. 따라서 기존조사에서 지적되어 왔던 각종 내부소음원의 전파방향별 지적율(매우+ 꽤 신경쓰인다)을 파악하기 위하여 1987년 이후에 분양 임주된 공동주택 중에서 <표 2>와 같은 共同住宅 團地를 조사대상으로 선정하고 이웃 소음에 대한 인지도와의 피어슨 상관계수를 산출하여 주요 내부소음원을 추출하면 <표 3>과 같다.

표에서 처럼 옆집에서의 소음에 대해서는 [구조 A]에 대해서만 계단의 발걸음소리와 현관문 개폐음이 20~30%의 지적율을 보여 계단실형 共同住宅에서 발생하는 생활패턴을 대변해 주고 있을 뿐 그 이외의 공기전파음 계통에 대한 지적율은 매우 낮았다. 그러나 윗층에서의 바닥충격음 계통은 그 지적율이 매우 높게 나타나고 있어 衝擊音에 대한 遮音性能이 매우 부족한 것으로 보인다. 특히 쿵쿵거리는 소리에 대해서는 약 50% 정도의 거주자가 심리적 피해를 받고 있는 것으로 집계됐으며 윗층소음의 인지도와 각 내부소음원의 인지도와의 상관계수도 r=0.518 9로서 가장 높아 이를 잘 입증해 주고 있다.

표 2. 조사대상 단지의 개요

	소재지역	규 도	난방방식	바 닥 면 적	분류기호	표 본 수
1	광 양	저 층 형	안탄개별	13, 15평형	A	255
2	대 구	고 층 형 (11~15층)	유류중앙	34평형	Ba	145
				41, 49, 56, 73평형	Bb	158
3	광 주	고층형(13층)	가스개별	33평형	C	92

표 3. 각종 내부소음원의 전파방향별 지식율(%)

지적물 내부소음원	구조A		구조Ba		구조Bb		구조C		윗층소음 인지도와의 상 관 계 수
	윗 집	옆 집	윗 집	옆 집	윗 집	옆 집	윗 집	옆 집	
실 내 보 행 음	△		△		○		△		0.4593**
계 단 의 발 걸 음 소 리	●	△							0.1378**
아 이 들 뛰 는 소 리	●		◎		●		●		0.5189**
현 관 문 개 켜 음	○	△					△		0.1760**
창 문 · 방 문 개 켜 음	△								0.2111**
욕 실 급 배 수 음	○		○				○		0.3033**
싱 크 대 급 배 수 음							△		0.1600**
변 기 급 배 수 음	△		△				○		0.3083**
피 아 노 등 악 기 음			△		△		△		0.2164**
T V · 전 축 등 의 음									0.1555**
초 인 종 소 리									0.1953**
아 이 들 뛰 는 소 리	△								0.3505**
전 화 벨 소 리									0.1048*
전 화 통 화 등 회 화 음									0.0625**
쓰 레 기 낙 하 음			△		△		△		0.1381**
부 역 의 조 리 음									0.2341**

◎ 51~60% ● 41~50% *유의수준 0.01 N.S. 유의 없음
○ 31~40% △ 20~30% *유의수준 0.05

이를 보다 구체적으로 분석하기 위해 윗층의 뽕뽕 거리는 소리와 밀접한 관계가 있는 윗층의 가족구성 특히 어린이의 유무를 조사하고, 어린이의 유무에 따른 반응의 비율을 각 구조별로 집계하면 (표 4)와 같다.

(표 4)에서의 같이 어린이의 유무에 따라 약 2~3배의 반응차이를 볼 수 있으며, 대체로 윗층의 소음 인지도는 윗층의 아이들 뽕뽕거리는 소리와 그 비율이 거의 유사하게 평가되고 있어 윗층의 아이들 뽕뽕거리는 충격음이 가장 직접적으로 인지되는 주요 소음발생원인임을 확인할 수 있다.

따라서 저주파가 그 계층의 主要 騒音發生原因인 어린이의 관련된 인지충격음을 관찰할 때 應答等級 및 基準設定 등 應答性能 評價方法 設定의 중요 이에 대한 충격음의 音響的 特性이 충분히 검토되고 반영되어야 할 것이다.

2.3. 바닥충격音 評價値와 生活感과의 對應

共同住宅에서 문제가 되는 걸음 차음실능을 평가 해 보자고 하는 목적에 맞게 하기 위해 이번 연구 에서에 지면은 그 나라의 실정과 실정에 알맞는 어린이 들의 음에 대한 應答性能의 測定 및 評價方法을 고

표 4. 어린이 유무에 따른 각 반응의 차이비교

구 조	어린이 유무	윗층 소음의 인지도			실 내 보 행 음			윗층의 뚝뚝거리는 음			조사 가수 (n)
		있음	없음	전체 평균	있음	없음	전체 평균	있음	없음	전체 평균	
A		61.0	20.3	38.2	30.5	10.2	20.7	71.2	35.6	46.7	59
Ba		58.2	34.3	51.2	36.8	19.4	27.0	58.2	31.3	50.9	67
Bb		57.7	34.6	49.5	35.8	17.3	30.2	59.6	30.8	46.8	52
C		62.5	37.5	38.5	40.6	21.9	28.6	65.6	31.3	47.3	32

하고 있다. 현재 우리나라에서도 日本의 工業規格과 동일한 測定方法을 채택하고 있으나 국내 공동주택의 바닥구조가 습식 뜬바닥구조 (Floating floor)의 일종인 溫突이라고 하는 특이한 난방방식을 가지고 있고 생활방식도 日本과 상이함을 고려할 때 우리의 실정과 잘 부합되리라고 보기 어렵다. 따라서 평가방법이 전혀 설정되어 있지 않은 실정에서 본 연구 대상의 바닥 차음성능을 적절히 평가하는 것은 곤란하나 國際標準化機構 (ISO)와 日本工業規格 (JIS)에서 채택하고 있는 평가방법을 적용해 보고 이를 우리의 실정과 비교하였다. 차음 성능측정은 KS F 2810(JIS A 1418과 동일)과 ISO 140에 준하여 실시하였으며, 측정 주파수대역은 50~5000Hz 범위에서 1/3 Octave Band 중심주파수별로 측정하였고 日本의 評價方法(JIS A 1419) 적용시에는 1/1 Octave Band 중심주파수 값으로 환산하였다. 또한 ISO에 의한 바닥충격을 차음성능 평가시에는 주파수별 레벨을 보정하기 위하여 잔향시간도 측정을 실시하였다.

본 조사에서 측정한 대상구조의 바닥충격을 레벨을 JIS 및 ISO의 평가방법에 적용하여 나타낸 결과는 <표 5>와 같다.

평가결과를 보면, 重量衝擊源에 대해 [구조 A]와 [구조 Ba]는 차음지수 L-45로써 등급에 해당하여 차음성능이 매우 우수하고 [구조 C]는 2.0이다

차음성능은 낮으나 차음지수 L-55로써 허용(2급) 구조에 해당되어 차음성능상 만족스러울 것으로 보인다. 그러나 본 조사대상구조에 거주하는 거주자의 윗층소음에 대한 指摘率이 약 40%(구조A: 38.2%, 구조Ba: 41%, 구조C: 38.5%)에 이르고 실내보행음의 指摘率은 약 25%(구조A: 20.7%, 구조Ba: 27%, 구조C: 28.6%) 그리고 윗층의 아이들 뚝뚝거리는 소리의 指摘率은 약 50%(구조A: 46.7%, 구조Ba: 52.9%, 구조C: 47.3%)임을 감안해 보면 거주자로부터의 불만이 매우 높아 평가등급과 큰 차이가 있음을 알 수 있다.

또한 이러한 차음등급을 일본주택에서의 生活實感과의 對應例와 비교하여 보면 L-45의 경우 "놀릴지 언정 거슬리지 않는다", L-55의 경우 "약간 마음이 쓰인다"로 적용하고 있어¹⁴⁾ 重量衝擊源에 의한 평가치와 거주자의 생활감의 차이는 일치하지 않음을 알 수 있다.

한편 輕量衝擊源 실험에 의한 차음지수는 각 구조가 최저한적인 3등급 이하에 해당하여 사용자로부터의 불만이 높을 것으로 추측된다. 이같은 추측을 본 연구의 설문조사에 의한 거주자의 반응과 결부시켜 볼 때에 대략 일치됨을 알 수 있다.

다만, JIS의 輕量衝擊源과 동일한 충격원을 이용한 ISO의 측정방법에 의해 내상구조의 차음성능을 평가하여 보면 [구조 Ba]는 다른 2개의 구조에 비해

표 5. 3층건물구조의 차음성능 비교

구 조	충격원	정 령	정 령	정 령
	차음지수	JIS(L)	ISO(I _p)	JIS(L)
A		75(3등급이하)	68(3등급이하)	45(특 급)
Ba		63(")	57(2 ")	45(")
C		68(")	68(3등급이하)	56(2 급)

차음성능이 양호(ISO의 평가방법 적용시 기준이내, FHA 평가방법 적용시 2등급)하게 나타나고 있다. 이같은 결과는 JIS보다 고주파 대역이 강조된 평가 곡선 때문에 나타나는 것으로서 동일구조라 할지라도 적용하는 평가 방법에 따라 상이하게 평가됨을 의미한다. 본 조사대상 거주자로 부터의 바닥충격음에 대한 불만족도는 별다른 차이없이 높음에 비추어 볼 때, ISO의 평가방법보다 저주파수대역의 음향특성을 강조한 JIS의 평가방법이 거주자의 반응에 보다 부합될 수 있을 것으로 사료된다. 그러나, 이같은 추론은 보다 많은 調査資料와 聽感實驗등에 의해 검토되어야 할 것이다.

Ⅲ. 遮音性能 等級決定周波數와 評價基準曲線

바닥충격음에 대한 차음성능을 평가할 때 간단한 수치로 나타내어 그 차음의 정도를 쉽게 알 수 있도록 하는 방법이 등급을 표시하는 것이다. 遮音等級은 바닥충격음을 주파수분석하여 가장 분제시되는 주파수대역의 측정값에 의해 결정되는데, 이는 곧 거주자가 가장 시끄럽게 느끼거나 문제시 할 수 있는 소음원의 특성이 等級決定周波數에 의해 잘 반영되어야 함을 의미한다⁹⁾.

따라서 앞서 共同住宅 거주자에 대한 設問調査結果를 통해 언급한 바와 같이 共同住宅에서의 주요 불만 발생 바닥충격원이 어린이 뛰는 행위, 실내 보행등의 행위이므로, 그 음원의 주파수특성에 따라 바닥의 차음성능 등급도 그 주파수대역에서 주로 결정되는 것이 평가체계상 합리적인 것으로 생각된다.

본 절에서는 이와 같은 가정하에 연구대상 바닥구조의 등급결정 주파수 대역을 파악해 보고 이를 토대로 바닥충격음 평가치와 생활감과의 대응에서 ISO 평가치보다 거주자의 반응에 보다 부합될 수 있을 것이라고 판단된 日本 바닥충격음 評價方法의 국내 적용 가능성과 그 타당성을 검토코자 한다.

3-1. 遮音等級 決定周波數

현재 국내 共同住宅의 바닥충격음레벨은 輕量衝擊源의 경우 완충층의 구성재료에 重量衝擊源의 경우

는 철근 콘크리트 슬래브의 조건에 의하여 결정되고, 현재 국내에서 주로 시공되고 있는 완충층의 재료는 경량기포콘크리트와 발포폴리스티렌폼이라고 할 수 있다¹⁰⁾.

따라서 현재 국내에서 주로 시공되고 있는 바닥구조중에서 경량기포콘크리트를 완충층 재료로 사용한 8개 바닥구조와 발포폴리스티렌폼을 완충층 재료로 사용한 7개 구조를 선정하여 바닥구조 유형별 차음등급결정 주파수의 비율을 輕量 및 重量衝擊源으로 구분하여 도수화하면 (그림 1)과 같고, 측정대상구조의 내역은 <표 6>과 같다.

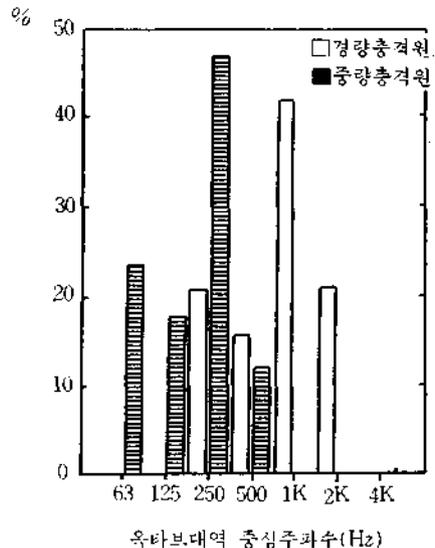
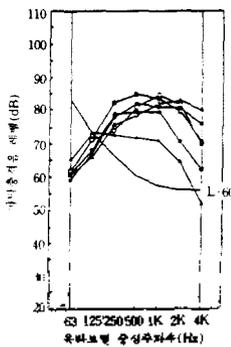


그림 1. 바닥구조 유형별 등급결정주파수 비율

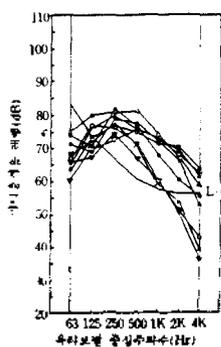
그림에서와 같이 현재 국내에서 시공되고 있는 바닥구조들은 重量衝擊源의 경우 63Hz~250Hz의 저주파수 대역에서 주로 차음등급이 결정되었다. 이에 반해 輕量衝擊源에 의한 등급결정 주파수 비율은 중량충격원의 경우와 상당히 다른 경향을 보이고 있다. 즉 경량충격원에 의한 차음등급은 63Hz, 125Hz 대역에서 결정되는 경우는 없으며, 주로 250~1,000Hz 대역에서 그 등급이 결정되고 있다. 특히 경량기포콘크리트를 완충층재료로 사용하고 있는 바닥구조에서는 2,000Hz 대역에서 등급이 결정되는 비율이 높았다. 이러한 이유는 日本工業規格에 의한 評價方法 (JIS A 1419)을 적용하여 차음등급을 결정하였기 때문으로, 이러한 결과는 (그림 2), (그림

표 6. 측정대상 바닥구조 내역 및 구성재료

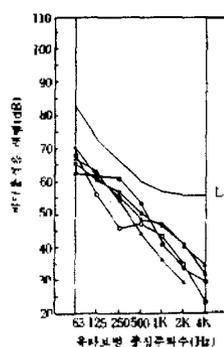
분류	대상 구조 내역	Slab 두께	완충층 두께	바닥 크기(m)
A	유공 발포폴리스티렌폼(KS 3호) 20+누름모르터 (1:5)30+자갈 90+마감모르터 (1:3)40	120	180	3.3×3.6
B	유공 발포폴리스티렌폼(KS 3호) 20+누름모르터 (1:5) 30+자갈60+ 마감모르터(1:3)40		150	
C	무공발포 폴리스티렌폼(KS 3호)20+누름모르터 (1:5) 30+자갈60+ 마감모르터(1:3) 40		110	
D	질석본말20+질석보드 25+누름모르터 (1:5)25+마감모르터(1:3)40			
E	고름모래20+경량단열판50+마감모르터(1:3) 40			
F	경량기포콘크리트80+마감모르터 (1:3)40	150	120	3.9×4.2
G	경량기포콘크리트80+자갈16+마감모르터(1:3)24			
H	발포폴리스티렌폼(KS 4호)20+P.E필름 1겹+경량기포콘크리트60+마감모르터(1:3) 40			
I	경량기포콘크리트70+ 자갈26+마감모르터(1:3)24			
J	유공발포폴리스티렌폼(KS 3호)20+누름모르터 (1:5) 30+자갈60+마감모르터(1:3)40	120	150	3.9×4.2
K	흙채우기65+모래갈기 15+발포폴리스티렌폼 배관판20+마감모르터(1:3) 50			
L	흙채우기35+모래갈기15+ 발포폴리스티렌폼 배관판 20+마감모르터(1:3) 50			
M	경량기포콘크리트50+자갈30+마감모르터(1:3)30	150	110	3.9×3.9
N	경량기포콘크리트50+자갈30+마감모르터(1:3)30	120		3.6×3.9
O	경량기포콘크리트70+마감모르터(1:3) 50	135	120	3.9×4.5



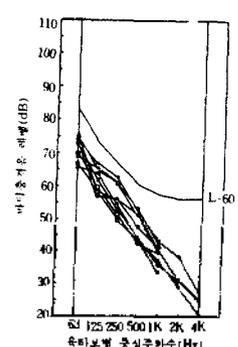
(a) 경량기포콘크리트



(b) 발포폴리스티렌폼



(a) 경량기포콘크리트



(b) 발포폴리스티렌폼

그림 2. 경량충격원 (Tapping Machine)에 의한 바닥 충격음레벨 스펙트럼

그림 3. 중량충격원 (Tire)에 의한 바닥충격음레벨 스펙트럼

3)과 비교하면 더욱 뚜렷히 파악할 수 있다.

(그림 2), (그림 3)은 日本 評價基準에서 차음등급의 최저치로 제시하고 있는 L-60 등급 기준곡선과 국내 바닥구조의 충격음레벨 스펙트럼을 비교한 결과로, 日本 遮音性能 基準曲線의 기울기는 청감과의 양호한 대응을 얻기 위하여 역 A 곡선을 이용하여 저음역에 대한 높은 보정을 하 있기 때문이다.

즉 유럽에서처럼 두꺼운 고강성 슬래브위를 하이힐로 걸어 고음역의 음이 문제가 되는 조건에서의 바닥충격음 평가에는 Tapping Machine을 사용하여 평가하는 방법이 타당하지만, 일본에서와 같이 얇고 저강성인 슬래브위에 다다미등을 깔아 맨발로 생활하는 경우에는 저음역의 바닥충격음이 문제가 되므로 Tapping Machine보다 무겁고 유연한 Tire를 충격원으로 사용하는 것이 타당하기 때문이다. 그리고 평가기준 곡선도 ISO의 評價基準曲線처럼 125~315Hz 대역에서 평탄한 기준곡선보다는 소음의 평가척도로서 다방면으로 널리 사용되고 있는 소음제의 A특성 보정회로를 거쳐서 평가하는 것이 바람직하다고 판단하였기 때문이다¹¹⁾.

따라서 日本工業規格에 의한 평가방법이 국내의 평가기준으로서의 적용가능성을 검증하기 위해서는 국내 共同住宅 실생활에서 일어날 수 있는 각종 충격원의 스펙트럼과 두 표준충격원의 스펙트럼 분포에 대한 검토가 필요하다고 판단된다.

3-2. 標準衝擊源의 追從性과 遮音性能 基準曲線

歐美의 평가방법과 日本의 평가방법의 가장 큰 차이점은 구미에서는 표준충격원으로 경량충격원만을 사용하는데 비하여 일본에서는 표준충격원으로 輕量 및 重量의 두 가지 충격원을 사용하고 있다는 점이다. 따라서 차음성능 기준곡선도 일본의 경우에는 경량 및 중량 두 가지 충격원에 의해서 차음성능을 평가하여야 하기 때문에, 경량충격원만으로 차음성능을 평가하는 歐美의 遮音性能 基準曲線과는 근본적으로 다를 수 밖에 없다.

차음성능 측정을 위한 표준충격원으로 1953년 獨逸工業規格에 처음으로 규정된 이후 Tapping Machine은 전세계에서 공인된 표준충격원으로 사용

하고 있고, 일본과 우리나라에서는 경량 표준충격원으로 사용하고 있다. 그러나 외국의 연구결과에 의하면 현재의 Tapping Machine은 본래의 의도와는 달리 고주파대역의 음이 지나치게 높게 발생된다는 지적이 있다. 즉 1965년 B. G. Watters의 실험에 의하면 Tapping Machine이 하이힐보다 고주파수 대역에서 보다 높은 음을 발생한다고 하며¹²⁾, Fasold, Gerretsen의 연구 보고에서도 주거내에서 발생하는 각종 바닥충격음과 비교해 보면 (그림 4)와 같이 Tapping Machine이 고주파수 성분의 훨씬 높은 음을 발생시키고 있다고 지적하고 있다¹³⁾. 따라서 차음등급 결정주파수가 실제의 충격음보다 고음역의 성분이 많아 等級決定周波數가 고음역에 나타나기 쉬운 경향을 보이는 것으로 판단되어 기존의 차음성능 기준곡선을 변경하여야 한다는 연구결과가 많이 발표되고 있다. 이러한 예로 Fasold가 제시한 전주파수 대역이 동일한 레벨이 基準曲線¹²⁾(그림 5(a))나, K. Bodlund가 주관적인 반응과 높은 상관관계를 갖는 것으로 제시한 ISO 평가방법 대안 (그림 5(b)), 그리고 네델란드에서 NEN 1070으로 규정하고 있는 기준곡선 (그림 5(c)) 등을 들 수 있다¹⁴⁾.

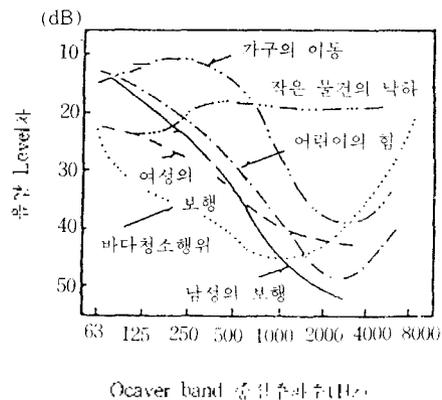
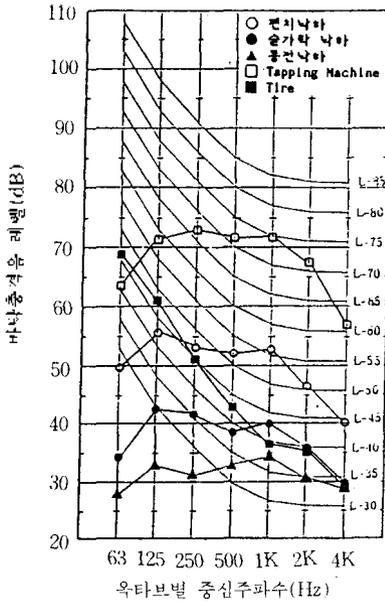
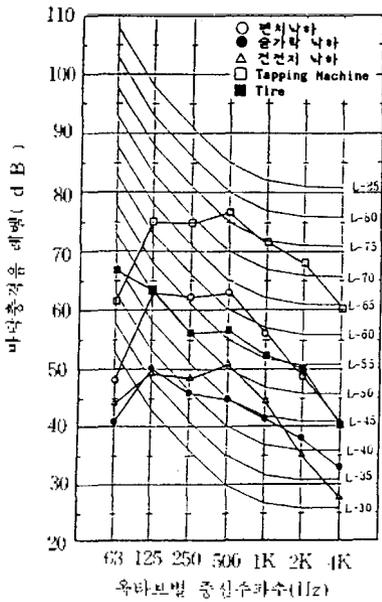


그림 4. 공중주대에 있어서 각종 생활충격원의 표준충격원 (Tapping)과의 음압레벨차

이와는 달리 日本에 있는 실내에서 생활을 영위 하식생활을 하므로 주거내부소음원인 어린이의 손발치음, 음, 신발보행음 등을 용이하게 평가하기 위하여 이의 주동성이 높은 Tire를 중량충격원으로 사용하고



(a) 경량기포콘크리트



(b) 발포폴리스타렌폼

그림 7. 경량포충충격원(Tapping Machine)과 각종 충격원의 주중성 비교

간 실생활에서는 불길 떨어뜨리는 소리 등과 같은 충격음이 일어나는지 발생할 수 없으므로, 현실적예측 및 동일충격원 보다는 두 가지의 충격원을 사용하

것이 바람직하다고 판단된다.

더욱이 하이힐 소리에 맞추어 개발한 Tapping Machine을 표준충격원으로 사용하고 있는 사양에서, 실생활보다 높은 고주파수역을 발생시키는 점을 고려하여 새로운 遮音性能 基準曲線을 제안하여야 한다는 연구결과가 많이 발표됨을 감안하면 더욱 두 가지 충격원을 사용하는 방안이 주장된다고 판단된다.

따라서 遮音性能 基準曲線도 상기의 연구결과와 국내 共同住宅의 경우에도 주요 내부소음원이 일본과 동일한 어린이 쿵쿵거리는 소리, 실내보행유음을 감안하고, 국내의 바닥구조에 대한 다양한 자료가 축적되지 못한 현상에서는 침감상 우수한 역 A 곡선을 이용한 일본의 遮音性能 評價曲線의 사용이 ISO곡선 사용보다는 주장된다고 하겠다.

그러나 저음역음의 평가를 위하여 ISO기준보다 저음역을 63Hz까지도 확장하여 평가하고 있는 일본의 評價方法은, 현장 바닥구조를 대상으로 측정을 실시하였을 때 측정 및 평가상 많은 시간을 요구한다. 특히 歐美와는 달리 두 가지 충격원을 사용하는 경우에는 더욱 그러하다고 할 수 있다. 이러한 관점에서 본 연구에서는 측정주파수 내역을 63Hz~4,000Hz로 평가했을 경우와 125Hz~4,000Hz로 하였을

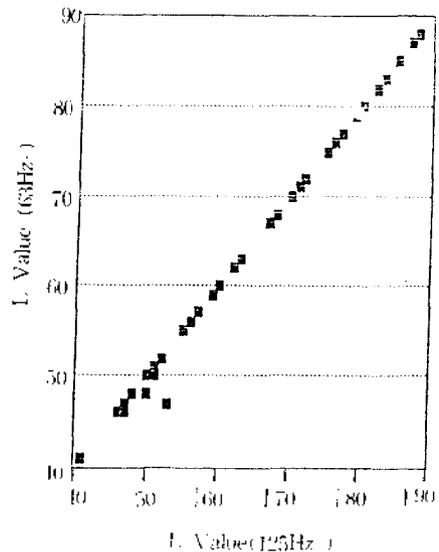


그림 8. 63Hz 중심수의 수역에 대한 125Hz의 비교관찰의 결과 수역 일치관계

때의 遮音等級을 比較分析하였으며 그 결과는 (그림 8)과 같다. 그림에서와 같이 측정주파수 범위상 63Hz 대역을 제외하여도 그 회귀식은 $Y=1.0125X+0.984$ 로 일직선상에 위치하며 이 때의 표준오차는 0.87이고 $r^2=0.996$ 으로써 그 차이를 거의 인정할 수 없어 측정 범위를 125Hz~4,000Hz 내역으로 하는 방안이 가능함을 확인할 수 있었다.

이러한 결과는 (그림 1)과 같이 중앙충격원에 대한 차음등급이 63Hz에서 설정되는 경우가 많음과는 일치하지 않은 결과이다. 이러한 차이는 日本에서의 바닥충격음레벨의 基準曲線 適用方法은 각 등급 곡선이 5dB 간격으로 설정되어 있고, 모든 주파수대역에 있는 측정값이 기준곡선을 하회할 때 그 최소 기준곡선으로 차음등급을 결정하고 있기 때문이다. 또한 測定精度 등을 고려하여 각 주파수대역의 측정치는 2dB를 상회하는 것이 허용되고 있으므로, 실제 측정치의 차이는 1dB 이내라고 할지라도 차음등급은 한 등급, 즉 5dB의 차가 있는 것처럼 평가하고 있기 때문이다.

이러한 이유로 측정대상구조의 각 주파수대역별 측정치의 차이가 미소하더라도 日本 評價方法에 의하면 1등급의 차이가 발생하는 경우가 많아, 국내 바닥구조의 遮音性能 평가시에 日本과 같이 5dB 간격을 갖는 차음등급을 원용하는 것은 연구검토 대상층의 하나라고 판단된다. 특히 共同住宅과 같이 실의 용적이 적은 경우에는 63Hz 중심주파수 대역의 바닥충격음레벨 측정편차가 크므로¹⁰⁾ 11) 12) 이에 대한 많은 연구검토가 필요하다고 사료된다.

또한 住民反應調查에 의한 生活感의 對應이 일본의 평가등급과 일치하지 않음을 감안할 때, 적절한 評價等級에 대한 연구가 계속되어야 한다고 판단된다.

IV. 結 論

국내 실정에 적합한 遮音性能基準 및 等級化方法을 搜索하기 위하여 주민반응조사 및 차음성능수준을 측정하고 차음성능 평가치와 생활감과의 상관관계 분석, 외국 평가기준과 일본의 적용가능성을 검토한 뒤 遮音性能 評價方法 및 遮音性能 基準曲線의

設定方向을 제안하였다.

본 연구를 통하여 얻은 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 설문조사결과 가장 문제가 되는 内部騒音源은 바닥충격음 계층의 소음이었고, 주민의 불만족 비율은 어린이의 유무와 깊은 상관관계가 있었다. 따라서 遮音性能 基準曲線의 設定時는 이와 같은 충격음의 음향적 특성이 충분히 검토되어 반영되어야 할 것이다.
 2. 바닥충격음 評價値와 住民反應에 의한 生活感과의 대응 분석결과 ISO 평가방법보다 JIS에 의한 평가방법이 거주자의 반응에 보다 부합되었다.
 3. 국내 共同住宅의 바닥구조는 重量衝擊음에 대해서는 63Hz~250Hz의 저음역에서, 輕量衝擊음에 대해서는 250Hz~1,000Hz 대역에서 차음능급이 설정되었으며 경량기포콘크리트를 사용한 경우에는 2,000Hz에서 차음등급이 결정되는 구조가 많았다.
 4. 표준충격원과 실생활에서 발생될 수 있는 충격원의 충격음 스펙트럼 비교분석 결과, 重量標準衝擊源은 어린이의 뛰, 걸어다니는 행위와, 輕量標準衝擊源은 물건낙하시와 충격음 스펙트럼의 유형이 유사한 것으로 나타났다. 따라서 공동주택에서 발생할 수 있는 각종 충격행위에 대해 歐美의 단일충격원보다는 日本의 輕量·重量의 두 가지 충격원으로 차음성능을 평가하는 것이 국내의 실정에 타당하다고 사료된다.
 5. 바닥충격음에 대한 遮音性能 평가치의 측정주파수 대역은 63Hz~4,000Hz 중심주파수 대역과 125Hz~4,000Hz 중심주파수 대역에 의한 평가치를 비교하였을 때 그 오차를 무시할 수 있었다. 즉 日本의 評價方法을 국내 바닥구조에 적용시는 63Hz 중심주파수 대역을 제외하는 것도 가능하다고 판단된다. 그러나 國內의 遮音性能 評價方法 設定시에 日本의 遮音等級을 원용하는 것은 실제 측정치의 차이가 클수록 차음등급의 편차가 5dB씩 5dB의 차이가 나는 것으로 평가되므로, 이에 대한 계속적인 검토가 필요하다고 사료된다.
- 이상의 연구결과는 좀 더 다양한 구조 기타 구조의 차음성능 자료분석을 통하여 충분히 검증되어

아 될 것으로 판단된다. 또한 보다 효과적인 차음 성능 기준곡선 및 등급화 방안이 제안되기 위해서는 현 국내 共同住宅의 遮音性能이 매우 열악함을 상한 聽感實驗을 통한 居住者의 反應調查가 필수적이라고 사료된다.

參 考 文 獻

1. 金善弼外 5人, "마타衝擊音 遮音性能基準 및 等級化에 관한 研究(1)", 大韓建築學會論文集, 제6권 제2호, 동년 28호, 1990. 4, pp. 243~252.
2. 金善弼, 共同住宅 마타衝擊音 遮音性能 評價에 대한 研究, 서울대학교 박사학위논문, 1989. 8.
3. 木村 翔, "床의衝擊音對策", 建築技術, No. 435, 1987. 11, pp. 99~169.
4. 大韓住宅公社, 共同住宅의 內部騒音基準 設定에 관한 研究, 주택연구 자료 권연 86-050, 1986. 12.
5. 潘好鎔, "아파트먼트 하우스의 內部騒音에 대한 調査研究", 大韓建築學會紙 25卷 99號, 1981. 1, pp. 11~20.
6. 朴泰成, 아파트먼트 하우스의 室內騒音에 대한 調査와 그 對策에 관한 研究, 서울대학교 대학원 석사학위논문, 1982. 1.
7. 大韓住宅公社, 住居環境 改善을 위한 騒音基準研究, 주택연구자료 권연 85-039.
8. 大韓住宅公社 住宅研究所, 공동주택 내부소음 저감 방안에 관한 연구, 리키개발주식회사, 1989. 6, pp. 69~72.
9. 木村 翔, "住宅의遮音", 建築技術, 1978. 11, pp. 136~137.

10. 床衝擊音의聽感評價研究委員會, "床衝擊音 遮音性能의聽感評價에 관한 研究(財) 新住宅普及會 住宅研究所 報, 1980, pp. 324~325.
11. B. G. Watters, "Impact Noise Characteristics of Female Hard Heeled Foot Traffic", J.A.S.A., 1965, 37(4), pp. 619~630.
12. W. Fasold, "Untersuchungen über den verlauf der solkurve für den trittschallschutz im wohnungsbau", Acoustica, 1965(15), pp. 271~281.
13. K. Bodlund, "Alternative Reference Curves for Evaluation of the Impact Sound Insulation between Dwellings", J. S. V., 1985, 102(3), pp. 381~402.
14. 日本建築學會, 建築物의 遮音性能基準之設計指針, 技報堂, 1979. 11.
15. 日本建築學會, 建築物의遮音設計資料, 技報堂, 1988. 8.
16. 金善弼, 孫澈奎, 金載注, "共同住宅 마타衝擊音 遮音性能改善을 위한 實驗의 研究(II)", 大韓建築學會論文集, 제5권 3호(동년 23호), 1989. 6, pp. 133~142.
17. 金善弼, 孫澈奎, 鞠燦, "現場에 있어서의 共同住宅 마타衝擊音 測定方法에 관한 研究(1)", 大韓建築學會 論文集, 제4권 4호, 1988. 8, pp. 187~195.
18. 金善弼, "共同住宅 마타衝擊音의 遮音性能 評價方法 設定을 위한 基礎的 研究(1)", 大韓建築學會論文集, 제1권 3호, 1988. 6, pp. 227~235.
19. 金善弼, 孫澈奎, 宋銘植, "共同住宅 마타衝擊音 遮音性能 改善을 위한 實驗的 研究(1)", 大韓建築學會論文集, 제1권 1호, 1988. 2, pp. 279~288.
20. I. L. Ver, "Impact Noise Isolation of Composite Floors", J.A.S.A., 50(4), 1971, pp. 1,043~1,050.

▲金善弼(정희원)



1949년 11월 21일 생
 1977년 2월 : 전남대학교 공과대학 건축공학과 졸업
 1979년 2월 : 전남대학교 대학원 건축공학과 졸업(공학석사)
 1989년 8월 : 서울대학교 대학원 건축학과 졸업(공학박사)
 1986년 3월 ~ 1987년 2월 : 서울대학교 공과대학 교원교수
 1978년 7월 ~ 1981년 12월 : 서울대학교 공과대학 건축공학과

▲孫澈奎(정희원)



1953년 8월 13일 생
 1979년 2월 : 전남대학교 공과대학 건축공학과 졸업
 1983년 8월 : 서울대학교 대학원 건축공학과 졸업(공학석사)
 1989년 8월 : 서울대학교 대학원 건축학과 졸업(공학박사)
 1979년 13월 : 1981년 12월 : 서울대학교 공과대학 건축공학과

▲ 朴 植 (정회원)

1950년 8월 19일 생
1976년 3월 : 대한주택공사 입
사
1980년 2월~현재 : 대한주택
공사 광주우선현실 소장



▲ 張 吉 洙 (정회원)

1958년 11월 5일 생
1984년 2월 : 전남대학교 공과
대학 건축공학과 졸업
1986년 2월 : 전남대학교 대학
원 건축공학과 졸업(공학석
사)
1989년 2월 : 전남대학교 대학
원 건축공학과 박사과정 수
료
1989년 3월~현재 : 동신공과대학 건축공학과 강연
강사



▲ 李 泰 岡 (정회원)

1961년 2월 26일 생
1987년 2월 : 전남대학교 공과
대학 건축공학과 졸업
1989년 2월 : 전남대학교 대학
원 건축공학과 졸업(공학석
사)
1990년 3월~현재 : 전남대학
교 대학원 건축공학과 박사
과정



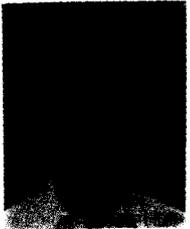
▲ 鞠 燦 (정회원)

1963년 5월 13일 생
1985년 2월 : 전남대학교 공과
대학 건축공학과 졸업
1987년 2월 : 전남대학교 대학
원 건축공학과 졸업(공학석
사)
1990년 2월 : 전남대학교 대학
원 건축공학과 박사과정 수
료



▲ 金 載 洙 (정회원)

1963년 7월 12일 생
1988년 2월 : 전남대학교 공과
대학 건축공학과 졸업
1990년 2월 : 전남대학교 대학
원 건축공학과 졸업(공학석
사)
1990년 3월~현재 : 전남대학
교 대학원 건축공학과 박사
과정



▲ 韓 明 길 (정회원)

1964년 2월 27일 생
1989년 2월 : 전남대학교 건축
공학과 졸업
1989년 3월~현재 : 전남대학
교 건축공학과 석사과정

