

〈論 文〉

임피던스법을 이용한 공동주택 바닥 충격음 차음성능 예측방법에 관한 실험적 연구(Ⅱ)

— 경량 표준충격원을 중심으로 —

An Experimental Study or the Prediction Method of Floor Impact Sound Insulation Performance in Apartment House Using Impedance Method(II)

김재수* · 장길수** · 김선우***

Jae Soo Kim, Gil Soo Jang and Sun Woo Kim

(1991년 11월 1일 접수 ; 1992년 2월 6일 심사완료)

ABSTRACT

In the previous paper, we report a practical floor impact sound level prediction method for a heavyweight impact source(Tire), soft impact source such as children jumping and running. According to these results, the calculated value and the measured value correspond comparatively well, regardless of differences in the floor structures. And the floor impact sound for a heavyweight impact source, soft source was strongly influenced by structural factors such as floor slab stiffness and peripheral support conditions. But the floor impact sound for a light impact source(Tapping machine), hard impact source was influenced by resilient layers, composed of multi-layer in floor structures. Thus, in this paper, 4 actual floor structures, all with differing resilient layers, were calculated using impedance method. When these calculation values were compared with the measured values, approximately all the values fell with one rank of the sound insulation grade, reference curve(L curve) by the JIS standard. So, a sample of measured values and calculated values from floor structures is presented to show the accuracy and appropriateness of the impedance method in domestic.

1. 서 론

현행 국내 공동주택 바닥구조에 대한 차음성능 파악시 발생하는 제반 문제들에 대한 효율적인 해결 및 국내 실정에 적합한 차음성능 확보와 효과적인 차음 대책수립을 위해서 시공전부터 바닥구조의 차음성능을 정확히 예측할 수 있는 예측방법이 절실하게 요구되고 있다.

그러나 국내 공동주택의 경우 溫突(Floor Panel Heating System)이라는 복합층으로 형성된 특수한 난방방식을 채택하고 있기 때문에 표준충격원에 의한 바닥구조의 加振時 분할진동할 뿐만 아니라 상호 비선형적으로 작용하여 그 진동 전달 특성 파악이 대단히 힘들며 완충층(resilient layer)의 물성도 표준화 되어 있지 않기 때문에 현시점에서 전달이론을 통한 바닥 충격음 레벨의 정확한 예측은 상당히 어려운 일이라고 할 수 있다. 또한 전달이론 정립의 필수조건인 다양한 바닥구조에 대한 차음성능 자료 축적의 부족과 완충층의 多自由度系(Multi Degree of Freedom) 복합진동에 대한 전달특성 파악이 매우 어렵기 때문에 바닥 충격음 레벨 예측시 많은 어

*전남대학교 대학원

**동신대학교 건축공학과

***전남대학교 건축공학과

려움을 겪고 있는 실정이다.

그러므로 이렇게 많은 어려움을 가지고 있는 국내 공동주택 바닥구조의 차음성능 예측방법을 제안하기 위한 일환으로 먼저 중량 표준충격원(Tire)에 국한하여 임피던스법의 국내 적용 가능성 및 타당성을 검증해 보았으며 그 결과를 “임피던스法을 利用한 共同住宅 바닥 衝擊音 遮音性能 豫測方法에 관한 實驗的 研究 (I)”에 발표하였다.

따라서 본 연구에서는 “논문(I)”에서 다루지 않았던 경량 표준충격원(Tapping Machine)에 의한 바닥구조 加振時 임피던스법의 국내 적용 가능성 및 문제점 들을 파악하고자 하며 이를 토대로 우리실정에 적합한 바닥 충격음 차음성능 예측방법을 위한 기초적인 자료를 제시코자 한다.

2. 바닥충격음의 전달이론(경량표준충격원)¹⁾

경량 표준충격원에 의한 바닥 충격음레벨 예측계산 흐름도는 Fig. 1과 같다.

2.1 충격력 실효치(Frms)

“KS F 2810(건축물 현장에 있어서의 바닥 충격음 측정 방법)”에 규정되어 있는 Tapping Machine의 제원은 원통형의 강철제로 된 5개의 Hammer를 가

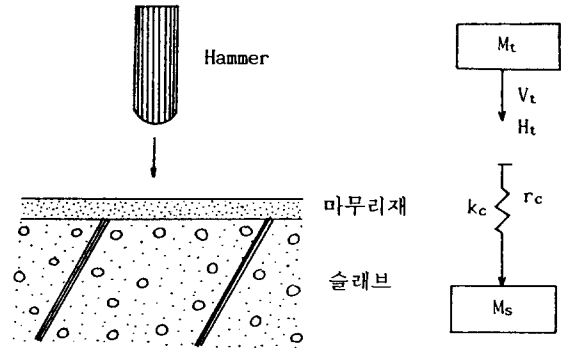


그림 2 경량 표준충격원의 질점계 모델

지면서 양끝의 Hammer 중심간격을 40cm로 하며 각 Hammer의 유효질량은 $500 \pm 12.5g$, 높이 $4 \pm 0.1cm$, Hammer 지름은 3cm로 규정하고 있다. 이러한 경량 표준충격원의 질점계를 모델화 하면 Fig. 2와 같다²⁾.

경량 표준충격원의 충격력 실효치는 식 (1)에 의해 구할 수 있으며 충격력 주파수 특성은 Table 1과 같다.

$$20 \log_{10} F_{rms} = 10 \log_{10} (M \nu (1 + \mu)) + 10 \log_{10} f_m - 4.5 \quad (1)$$

단, M : Hammer의 질량(0.5kg)

ν : Hammer 충돌시 낙하속도(m/s)

μ : 반발계수

f_m : 대역별 중심주파수(Hz)

Table 1 충격력 주파수 특성 단위 : dB

Hz	63	125	250	500	1K	2K	4K
충격력 레벨	20.3	23.8	26.8	29.7	32.3	33.5	30.0

현재 국내에서는 이와 같은 충격력 특성을 갖는 Tapping Machine을 경량 표준충격원으로 채택하여 바닥 충격음 레벨을 측정하고 있으며 완충재로 경량 기포콘크리트를 사용하고 있는 바닥구조에서 발생하는 여러가지 실충격원들과 Tapping Machine과의 충격력 특성을 비교해 보면 Fig. 3과 같다³⁾.

그림에서 보면 경량 표준충격원인 Tapping Machine은 국내 공동주택 바닥 충격음 계통의 소음

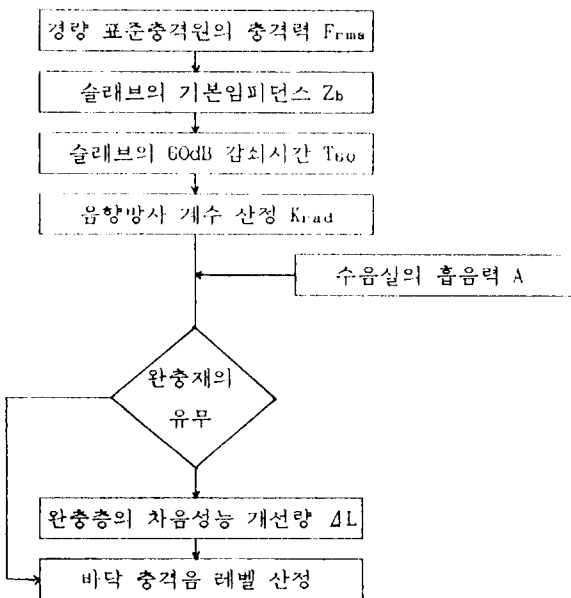


그림 1 경량 표준충격원에 의한 바닥 충격음레벨 산출도

1) 日本建築學會 編, 建物の遮音設計資料, 技報堂出版, 1988.7, pp. 120~155.

2) 日本音響材料協會 編, 騒音, 振動 對策 Hand Book, 集文社, 1983, p. 330~366.

3) 김선우, 손철봉, 송용식, 장길수, 이태강, 국찬, 김재수, 한명호, “바닥충격음 차음성능기준 및 등급화에 관한 연구 (II)”, 한국음향학회지 9권 4호 1990. 8, pp. 5~17.

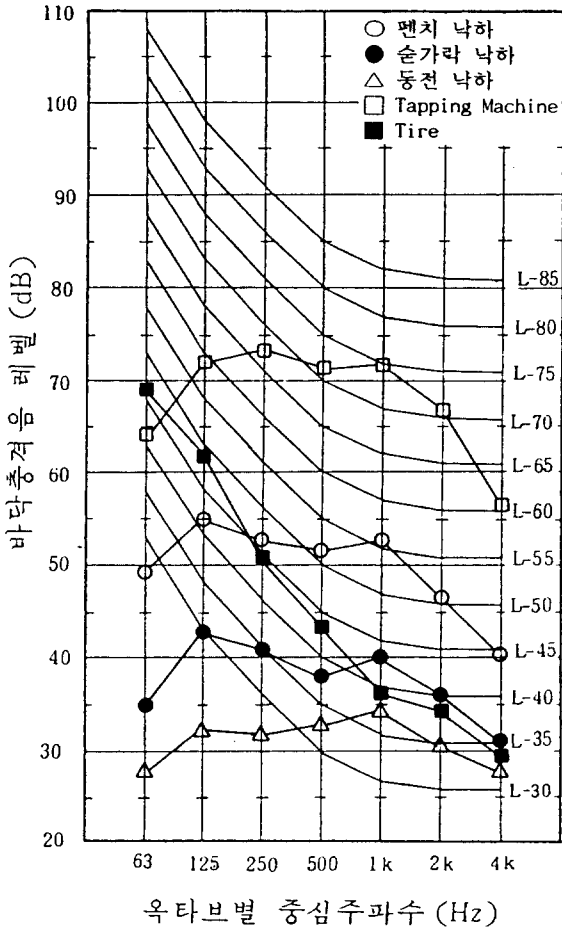


그림 3 경량 표준충격원과 각종 실충격원의 추종성 비교

중 물건 낙하음등과 같이 충격력이 작고 딱딱한 느낌을 주는 충격원계통의 스펙트럼과 아주 좋은 追從性을 보이고 있기 때문에 이러한 충격음들의 충격력 특성을 대표할 수 있는 표준화된 충격원이라고 할 수 있다.

2.2 바닥슬래브의 기본 임피던스 산정 (Z_b)

바닥슬래브의 진동특성중 가장 큰 영향을 미치는 것은 加振點에 있어서 곡면 임피던스 Z_b 이며, 파장에 비하여 꽤 넓은 균질한 판을 한점에서 加振한 경우 부분적인 압축변형이나 전단변형을 무시하면 주로 횡진동에 의한 임피던스 Z_b 는 식 (2)와 같다.

$$Z_b = 8\sqrt{BM} = \frac{4}{\sqrt{3}}\rho Clh^2 \quad (2)$$

- 단, M : 슬래브면밀도 ρ : 슬래브 밀도
 B : 단위폭의 휨강도 E : 슬래브 영률
 h : 슬래브 두께 σ : 포아송 비
 Cl : 슬래브 종파속도 ($\sqrt{E/\rho}$)

2.3 바닥 슬래브의 60dB 감쇠 시간 (T_{60})

콘크리트 슬래브 진동감쇠의 대부분이 주파수 특성에 무관한 주변에 대한 에너지 손실에 의한 것이 라면 감쇠시간은 진동의 전달속도에만 관계되고 그 주파수 특성은 $1/\sqrt{f}$, 즉 -1.5dB/Oct 의 관계를 갖는다. 그러나 1kHz 이상의 고주파수 영역에서는 전달속도가 일정하고 종파성분이 많기 때문에 실제 감쇠시간은 500Hz 대역까지는 식 (3)과 같이 -1.5dB/Oct 구배를 적용시키고 1kHz 이상에서는 모두 일정하게 적용시킬 수 있으며 그 결과는 Table 2와 같다.

$$10\log_{10} T_{60} = -5\log f + 9.8 \quad (3)$$

Table 2 60dB 감쇠시간 단위 : dB

Hz	63	125	250	500	1K	2K	4K
T_{60} (초)	1.20	0.85	0.60	0.43	0.30	0.30	0.30
$10\log_{10} T_{60}$	0.80	-0.7	-2.2	-3.7	-5.2	-5.2	-5.2

2.4 음향방사계수의 산출방법 (K)

진동하는 슬래브의 음향방사 특성에 관해서 Lyon, Maidanik은 식 (4)를 제시했으며 콘크리트 내부의 음향방사계수에 대한 값은 Table 3과 같다.

$$K = \begin{cases} \left(\frac{l\lambda_c}{\pi^2 S}\right) \frac{f}{\sqrt{f_c}} & f \ll f_c \\ 0.45\sqrt{l/\lambda_c} & f = f_c \\ 1 & f \gg f_c \end{cases} \quad (4)$$

단 K : 음향방사계수

S : 방사면적

l : 판둘레 길이

λ_c : 코인시던스 한계주파수 f_c 에서의 파장(m)

Table 3 음향방사계수 단위 : dB

Slab-T Hz	120	130	150	180	200	230	250
63Hz	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-2
125Hz	-2	-1	0	0	0	0	0
250Hz~4kHz	0	0	0	0	0	0	0

2.5 경량충격음 레벨의 산출

이상의 각 항목을 종합하여 옥타브밴드별 바닥 충격음레벨을 계산하는 방법은 식 (5)와 같다.

$$Ll = 20\log_{10} F_{rms} - 20\log_{10} Z_b + 10\log_{10} \frac{T_{60} K_{raah}}{A} + 173.5 - \Delta L \quad (5)$$

단, ΔL : 바닥 충격음 차음성능 개선량

윗식에서 보면 임피던스법을 이용하여 예측치를 구할 때 수음실의 흡음력을 보정하게 되어 있으나 국내 공동주택의 경우 바닥충격음 레벨 측정시 흡음력에 대한 보정을 하고 있지 않으며 실의 크기도 대부분 표준화되어 있을 뿐만 아니라 실내 마감도 흡음력이 크게 변할만한 마감재를 쓰지 않기 때문에 수음실의 흡음률에 대한 보정은 예측계산에서 제외하였다.

3. 실험방법 및 내용

3.1 대상구조 및 내역

본 연구에서는 현행 공동주택 바닥구조의 완충재로 가장 많이 사용하고 있는 구조(경량기포콘크리트와 발포폴리스티렌폼 계통)와 앞으로 차음성능 향상을 위해서 개선될 구조(방음블럭을 사용한 완충재)⁴⁾ 및 완충층이 전혀 없는 슬래브만의 바닥구조 등 현행 국내 공동주택 바닥구조를 대표할 수 있다고 생각되는 4개의 바닥구조를 선정하여 현장 및 실험실 실험을 실시하였으며 각 구조별 대상구조 내역은 Table 4와 같다.

3.2 측정방법 및 측정기기 구성도

현장 및 실험실에서 경량 표준충격원에 의한 바닥구조의 加振時 각 구조별 차음성능 파악을 위해서 加振点의 위치는 “KS F 2810”에 규정된 대로 공간

적인 평균을 더 많이 하기 위해 음원실에 대해 대각선 중앙점과 벽체에서 1m이상 떨어진 대각선상의 4곳의 합계 5곳을 선정하였으며 둘레의 벽이나 보로부터 50cm이상 거리를 이격시킴을 원칙으로 하였다.

각 구조별 수음점은 加振点의 위치와 동일하게 둘레의 벽으로부터 50cm이상 이격시킨 다음 바닥으로부터 1.5m 높이에 Microphone을 설치하였다. 또한 현장 측정시 측정값의 변동폭이 큰 저주파수 대역(63Hz, 125Hz)에 유의하였고 주변의 압소음에 대한 영향을 파악하기 위하여 반드시 측정전에 주위의 압소음레벨을 조사하여 그 차가 10dB 이하일 경우는 측정을 중지하였으며 측정시간은 압소음의 영향이 가장 적은 22:00부터 익일 06:00까지로 하였다.

본 연구에 사용된 측정기기는 다음과 같고 그 구성 및 배열방법은 Fig. 4와 같다.

- Sound Intensity Analyzing System(B & K Type 3360)
- Digital Cassette Recorder(B&K Type 7400)
- Graphic Recorder(B&K Type 2313)
- Alphanumeric Printer(B&K Type 2312)
- Building Acoustic Analyzer(B&K Type 4417)
- 8-Channel Multiplexer(B&K Type 2811)
- Rotating Microphone Boom(B&K Type 3923)
- Tapping Machine(B&K Type 3204)
- Tire(Yokohama 5.20-10-4PR)

Table 4 실험대상 구조내역

단위 : mm

구조번호	대상구조내역	슬래브 두께		실 면적(m)		완충층두께
		실험실	현 장	실험실	현 장	
A	슬래브	—	120	—	3.6 × 4.2	—
B	슬래브+무공발포폴리스티렌폼(KS 3호) 20+누름물탈30+자갈60+마감물탈40	120		2.9	3.3 × 3.6	150
C	슬래브+경량기포콘크리트70+자갈20+마감 물탈30		×			
D	슬래브+고름모래10+방음블럭40+압축발포폴리스티렌폼3+축열블럭33+마감물탈24	170	3.6	2.4 × 3.0	110	

4) 김선우, 손철봉, 김재수 “공동주택 바닥 충격음 차음성능 개선을 위한 실험적 연구(II)”, 대한건축학회 논문집, 제5권 3호(통권 23호), 1989.6.

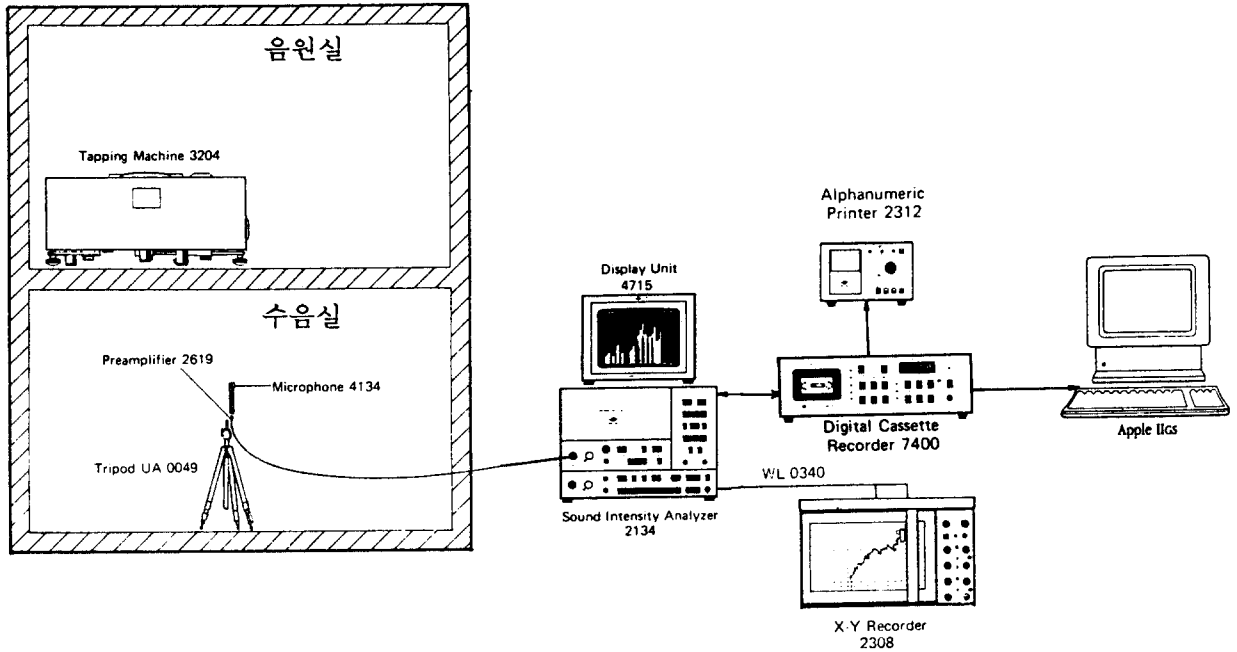


그림 4 측정기기의 구성 및 배열방법

Microphones 및 Amplifiers
Tripod 및 Door screen

4. 분석 및 고찰

4.1 현장실험에 의한 각 구조별 바닥 충격음 레벨

Fig. 4와 같은 방법에 의해 현장에서 실험한 각 구조별 바닥 충격음 레벨의 측정결과는 Fig. 5와 같다.

그림에서 보면 경량 표준충격원의 경우 수음실의 바닥충격음 레벨은 완충층이 없는 "A 구조"에 비해 전달음을 감쇠시킬 수 있는 완충층이 있는 B~D구조의 바닥충격음 레벨이 훨씬 낮게 나타남을 알 수 있다. 특히 고음역에서는 완충층의 종류와 물성에 따라 加振時 발생하는 충격음 에너지의 감쇠량에 많은 차이가 있음을 알 수 있으나 파장이 길어 완충층에 의한 음의 감쇠능력이 적은 저음역에서는 완충층의 유무와 상관없이 각 구조별로 별다른 감쇠를 보이지 않고 있다. 따라서 중량 표준충격원(Tire)과는 달리 대부분 차음등급이 1kHz 이상의 고음역에서 결정되는 경량 표준충격원의 경우 완충층의 종류와 물성에 따라 바닥충격음 레벨이 결정됨을 알 수 있다.

4.2 수음실의 음장분포

표준 충격원에 의한 바닥구조의 加振時 바닥 충격음은 바닥마감재와 슬래브 및 완충층의 복합체로 구

성된 바닥구조와 벽등을 통해서 전파되어 수음실로 음향 에너지를 방사하게 된다. 따라서 이렇게 복잡한 전달 과정을 통해서 수음실로 방사되는 충격음은 부분적인 감쇠 및 증폭현상을 나타내면서 수음실 음장을 변화시키기 때문에 수음실 음장의 정확한 해석이 바닥 충격음을 예측을 하는데 필수조건이라고 할 수 있다.

따라서 복합진동을 일으키는 완충층이 전혀 없는 "A 구조"의 경우 5 포인트에서 加振時 수음실의 음장분포는 Fig. 6과 같다.

그림에서 보면 경량 표준충격원인 Tapping Machine은 충격력 특성이 고음역에 치중하고 있으며 1초에 10회 정도를 타격함으로써 충돌시간이 짧아져 슬래브를 무한대판으로 가정할 수 있을 뿐만 아니라 반사음이 되돌아오기 전에 또다른 입사음을 발생시키기 때문에 加振點의 위치를 변화 시켜도 슬래브 조건에 의한 영향이 거의 없게 되어 아주 균질한 확산음장 분포를 보이고 있음을 알 수 있다.

따라서 경량 표준충격원의 경우 충격력이 크고 저음역에 충격음 에너지가 집중되어 있어 슬래브 조건 및 加振點의 위치변화에 따라 바닥충격음레벨이 결정되는 중량 표준충격원과는⁵⁾ 달리 다층으로 형성된

5) 손철봉, 김재수, 김선우 "공동주택 바닥 충격음 음장분포 특성에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 제7권 4호, 1991.8.

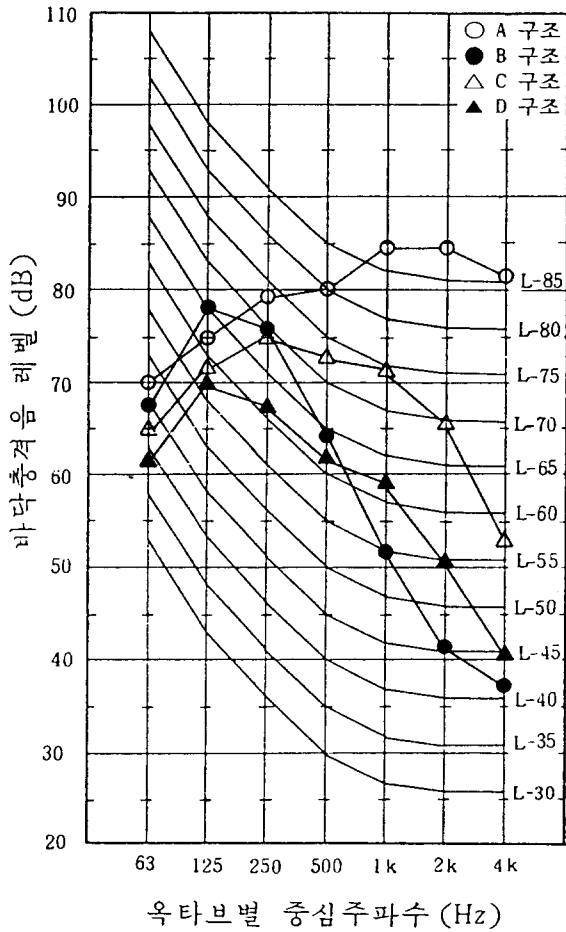


그림 5 각 구조별 바닥 충격음레벨

완충층을 통과하면서 수음실로 방사되는 음의 감쇠량에 따라 바닥충격음 레벨이 결정됨을 알 수 있다.

4.3 완충층의 차음성능 개선량 파악

국내 공동주택의 경우 완충층은 다층으로 구성되

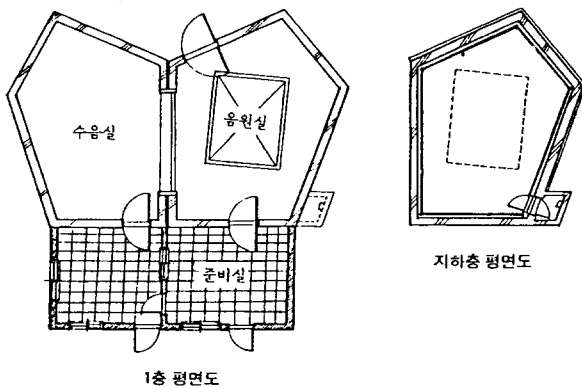
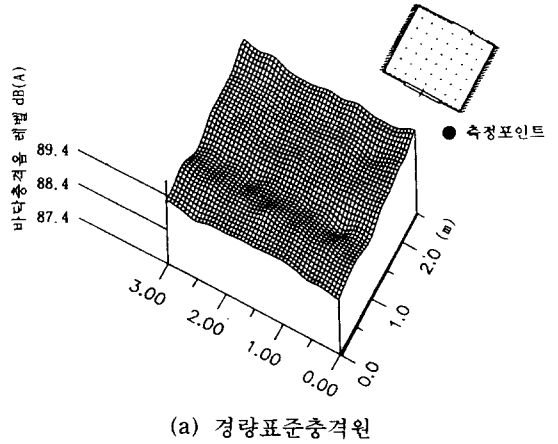
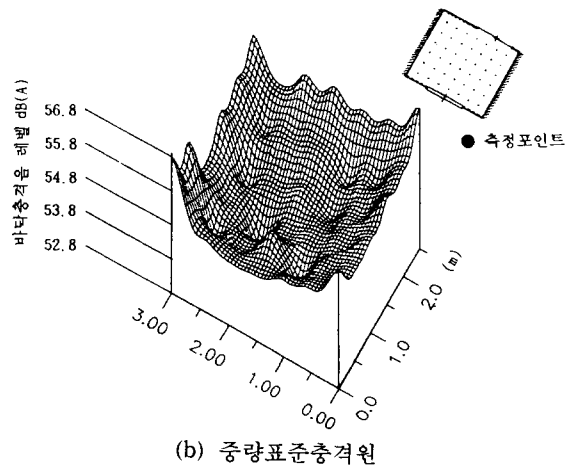


그림 7 전남대학교 잔향실험실의 구성도



(a) 경량표준충격원



(b) 중량표준충격원

그림 6 표준충격원에 의한 가진시 수음실의 음장분포

어 있어 그 진동특성 파악에 많은 어려움이 따르며 물성이 규준화되어 있지 않기 때문에 완충층과 슬래브 등 복합층으로 되어 있는 바닥구조를 단일부재로 가정하여 바닥 충격음레벨을 예측한다는 것은 현시점에서는 매우 어렵다고 할 수 있다.

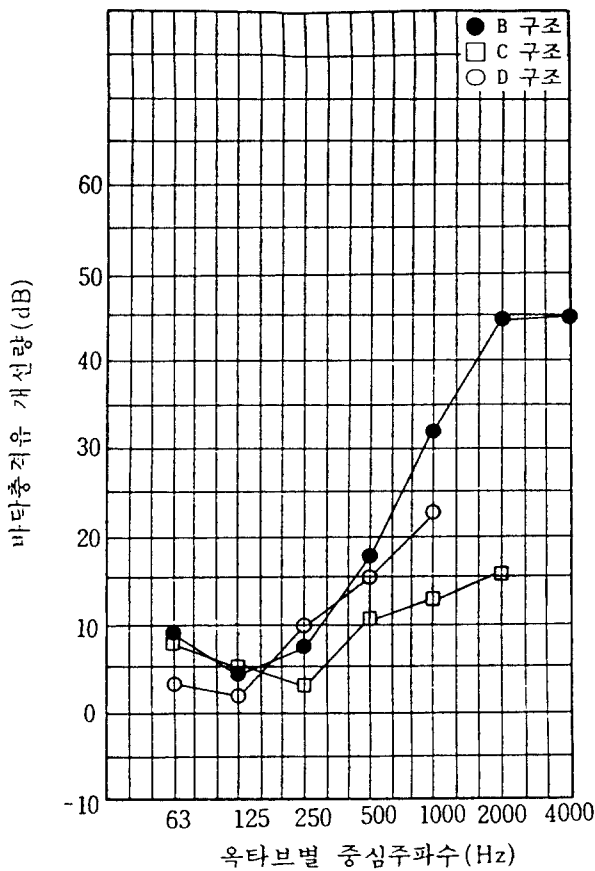


그림 8 각 구조별 차음성능 개선량

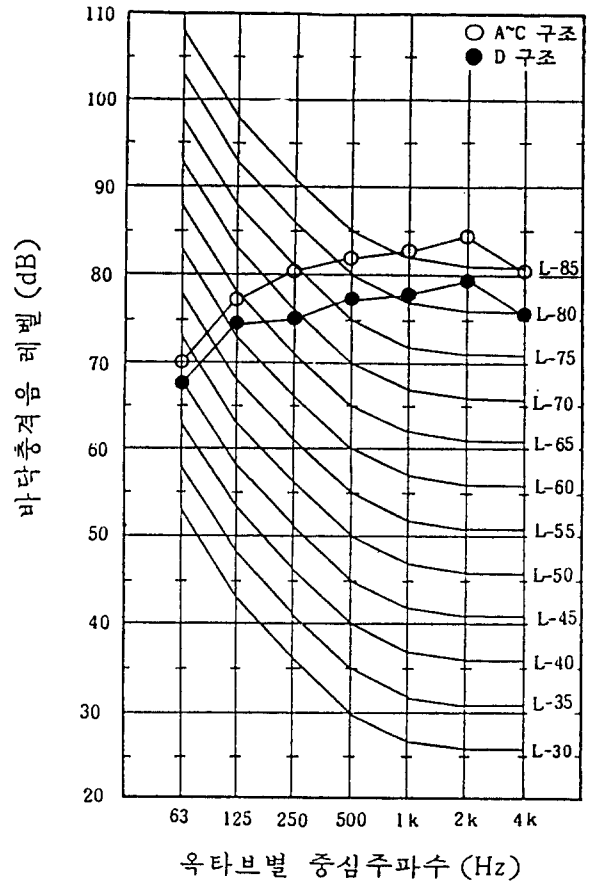


그림 9 각 구조별 슬래브만의 바닥 충격음 레벨 예측치

따라서 본 연구에서는 정도높은 예측방법의 일환으로 완충층을 제외한 모든관련 요소(슬래브의 고정도, 두께, 면적, 스펠비)가 동일한 전남대학교 殘響實驗室(Fig. 7)에서 슬래브만의 바닥 충격음레벨을 구한다음 그 위에 완충층을 부가시공하여 측정한 값과의 차이인 차음성능 개선량을 파악해 봄으로써 전

달이론을 통해 그 진동 및 감쇠특성 파악이 대단히 힘든 완충층의 차음성능을 파악해 보았으며 그 결과는 Fig. 8과 같다.

그림에서 보면 경량 표준충격원에 의한 바닥구조 加振時 완충층의 차음성능 개선량은 완충층의 밀도나 강성이 커서 음의 전달 요소가 적은 완충재일수

Table 5 경량 표준충격원의 예측계산

단위 : dB

항 목	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz
충격력 레벨	20.3	23.8	26.8	29.7	32.3	33.5	30.0
기본 임피던스 레벨	A~C	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2
	D	114.3	114.3	114.3	114.3	114.3	114.3
T_{60}	0.8	-0.7	-2.2	-3.7	-5.2	-5.2	-5.2
K_{rad}	A~C	-7	-2	0	0	0	0
	D	-5	0	0	0	0	0
$10\log_{10}h$	A~C	-9.21	-9.21	-9.21	-9.21	-9.21	-9.21
	D	-8	-8	-8	-8	-8	-8

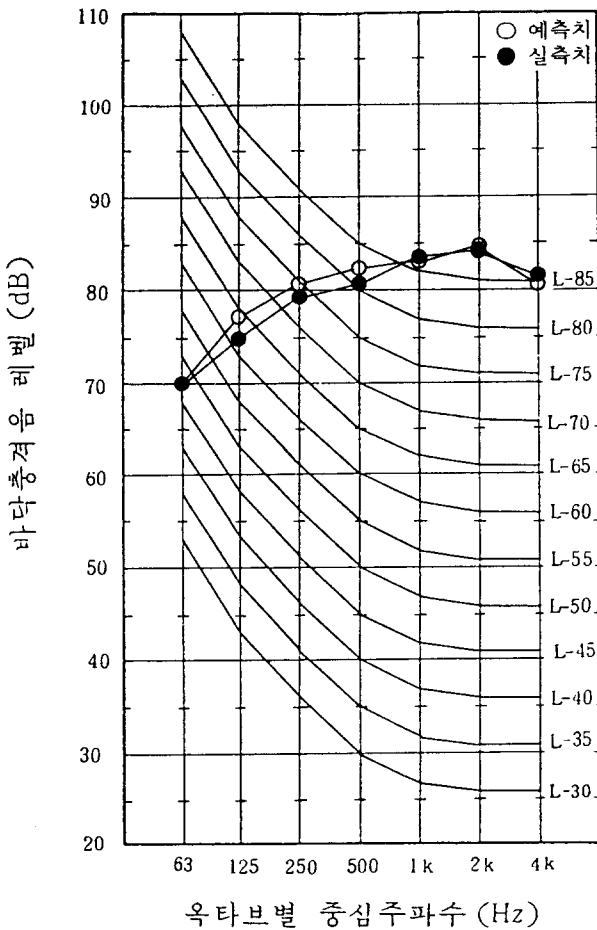


그림 10 A 구조의 예측치와 실측치의 비교

록 차음성능 개선량이 뛰어남을 알 수 있다. 특히 저음역(63Hz~250Hz)에서의 차음성능 개선량은 3개 구조 모두 10dB이하로 나타나 별다른 차이를 보이고 있지 않지만 500Hz 이상의 중고음역에서는 완충층의 물성 및 특성에 따라 현저한 차이를 보이고 있음을 알 수 있다.

따라서 슬래브조건의 변화가 예측의 관건이 되는 중량 표준충격원과는⁶⁾ 달리 경량 표준충격원에 의한 바닥 충격음 레벨의 예측은 완충층에 의한 음의 감쇠특성 및 진동특성과 차음성능 개선량을 정확히 파악하는 것이 예측의 관건이 된다고 할 수 있다.

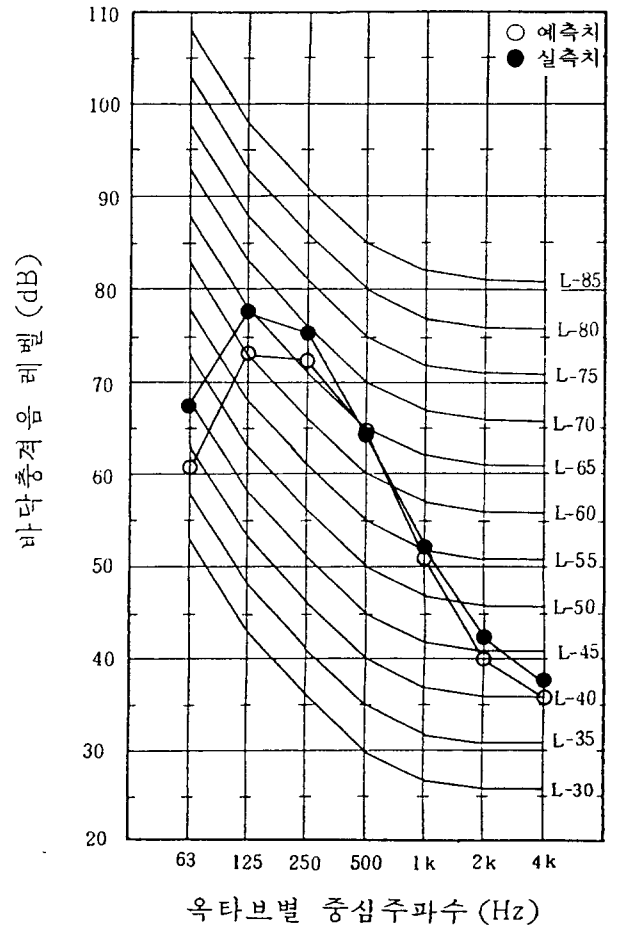
4.4 임피던스법에 의한 슬래브의 바닥 충격음레벨 예측

국내 공동주택의 경우 경량 표준충격원에 의한 바

6) 김재수, 손철봉, 김선우 "임피던스 법을 이용한 공동주택 바닥 충격음 차음성능 예측방법에 관한 실험적 연구(1)", 대한건축학회 논문집, 제8권 1호, 1992.1.

다 충격음 레벨 예측시 多自由度系의 복합진동에 대한 수치해석의 어려움과 완충층 물성의 비규준화로 인해 전달이론의 적용이 어려운 완충층이 차음성능은 실험실 실험을 통하여 파악했기 때문에 본 절에서는 비교적 단일부재로 되어 있어 전달이론의 적용이 용이한 슬래브만의 바닥 충격음 레벨을 파악코자 하며 각 항목별 결과는 Table 5와 같고 이를 식 (5)에 적용시켜 구한 각 구조별 예측치는 Fig. 9와 같다.

그림에서 보면 경량 표준충격원의 경우 임피던스법에 의한 슬래브만의 바닥 충격음 레벨 예측시 슬래브 조건 중 영율과 밀도는 각 구조마다 동일하고 슬래브 지지조건은 충격원의 특성상 별다른 영향이 없기 때문에 실제적으로 바닥충격음 레벨의 결정에 관여하는 요소는 결국 슬래브 두께의 변화에 따른 임피던스의 변화이며 그림과 같이 슬래브 두께가 증가할수록 임피던스가 상승하여 수음실의 바닥충격음 레벨이 낮아지고 있음을 알 수 있다.



(a) B구조

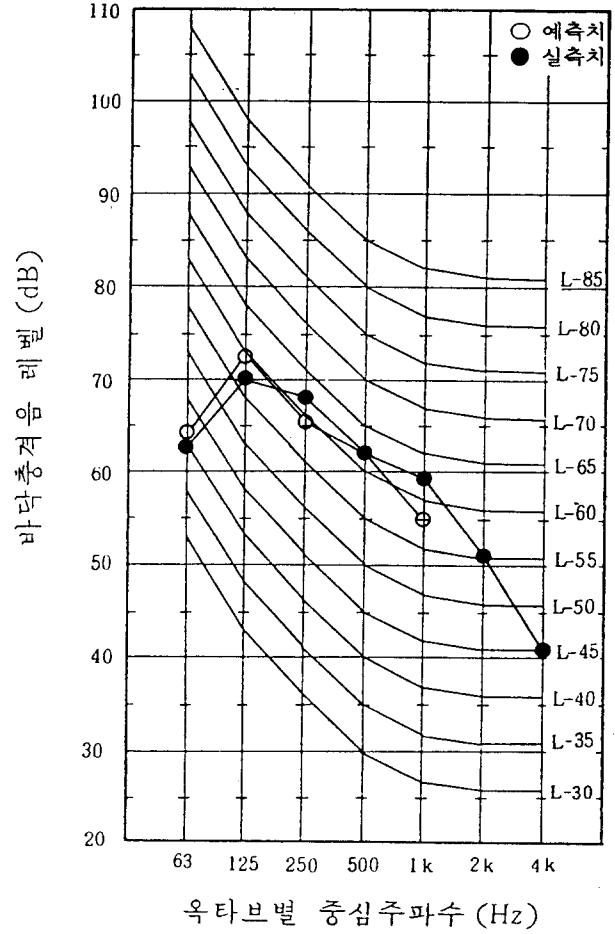
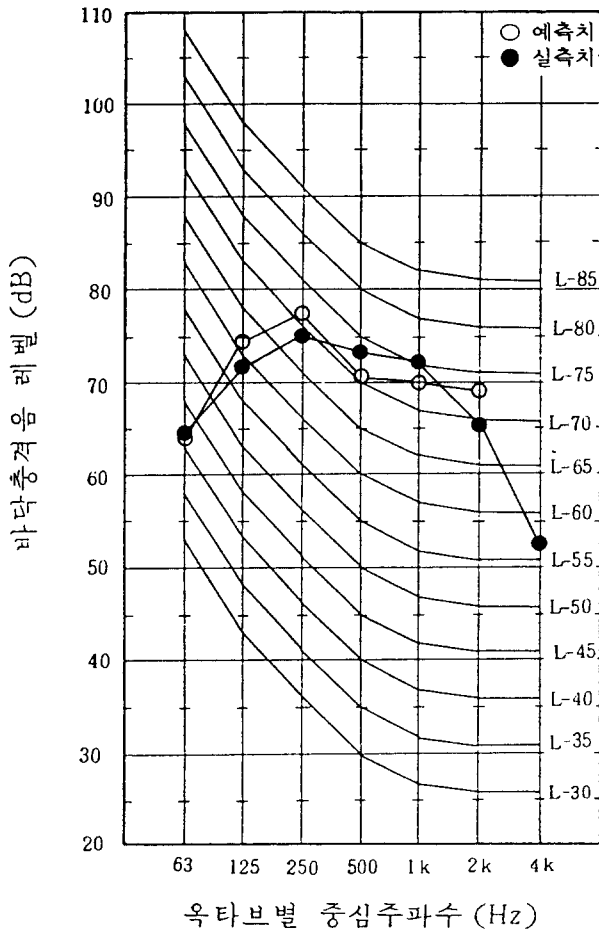


그림 11 각 구조별 예측치와 실측치의 비교

4.4 실측치와 예측치의 비교

복합층으로 되어 있어 전달이론의 적용이 매우 어려운 국내 공동주택 바닥구조의 경우 임피던스법의 신뢰성 및 국내 적용 가능성을 파악해 보기 위해서 먼저 복합진동을 일으키는 완충층이 없고 단일부재로 되어 있어 전달이론의 적용이 용이한 슬래브만으로 되어 있는 "A 구조"의 예측치와 실측치를 비교해 보면 Fig. 10과 같다.

그림에서 보면 예측치와 실측치의 차음성능은 모두 차음등급의 한계인 L-85를 넘고 있지만 예측치와 실측치의 차가 전대역에 걸쳐 2dB 이하의 작은 차이를 보일 뿐만 아니라 차음등급 결정주파수도 동일하기 때문에 임피던스법을 이용하여 국내 공동주택 바닥구조의 차음성능 예측이 가능함을 보여주고 있다.

그러나 복잡한 전달이론을 가지고 있는 완충층이 있는 구조의 경우 "A 구조"와 같이 임피던스법을 이

용하여 슬래브만의 바닥충격음 레벨을 구한 완충층을 통과하는 음의 감쇠량은 실험실 실험을 통하여 차음성능 개선량을 파악한 뒤 상호보완하여 각 구조별 바닥충격음 레벨을 구할수 있으며 그 예측치와 실측치를 비교해 보면 Fig. 11과 같으며 각 구조별로 차음등급을 비교해 보면 Table 6과 같다.

그림과 표에서 보면 실측치와 예측치는 차음등급

Table 6 각 구조별 차음등급

구 조	예 측 치	실 측 치
A	L-85 이상	L-85 이상
B	L-66	L-69
C	L-73	L-74
D	L-63	L-63

차가 L-3등급 이상을 벗어나지 않을 뿐만 아니라 차음등급 결정주파수도 거의 동일하므로 정도 높은 바닥 충격음 레벨 예측 가능성을 보여주고 있다고 할 수 있다. 그러나 "B 구조"의 경우 저주파수 대역에서 7dB 정도 예측치와 실측치가 차이를 보이고 있는데 이는 저음역에서 발생하기 쉬운 측정오차 및 현장조건에 따른 여러 변수들의 영향에 기인한 것으로 생각된다.

따라서 다층으로 형성되어 복잡한 전달이론을 가지고 있는 완충층이 있는 구조에 대한 바닥 충격음 레벨의 예측도 실험실실험과 임피던스법을 병행하여 사용하면 상당히 신뢰성 있는 바닥 충격음레벨의 예측이 가능하리라 생각된다.

5. 결론 및 제안

본 연구의 결론 및 제안은 다음과 같다.

(1) 슬래브 조건의 변화가 예측의 관건이 되는 중량 표준충격원과 달리 경량 표준충격원에 의한 바닥 충격음 레벨의 예측은 완충층에 의한 진동감쇠 특성과 차음성능 개선량의 정확한 파악이 관건이 된다고 할 수 있다.

(2) 경량 표준충격원의 경우 임피던스법에 의한 슬래브 만의 바닥 충격음 레벨 예측시 슬래브 조건 중 영율과 밀도는 각 구조마다 동일하고 슬래브 지지조건은 충격원의 특성상 별다른 영향이 없기 때문에 실제적으로 바닥충격음 레벨의 결정에 관여하는 요소는 결국 슬래브 두께의 변화에 따른 임피던스의 변화이며 슬래브 두께가 증가할수록 슬래브 임피던스가 상승하여 수음실의 바닥충격음 레벨이 낮아지고 있음을 알 수 있다.

(3) 복합진동을 일으키는 완충층이 없고 단일부재로 되어있어 전달이론의 적용이 용이한 슬래브로만 되어 있는 "A 구조"의 예측치와 실측치를 비교해 보면 차음성능은 모두 차음등급의 한계인 L-85를 넘고 있지만 예측치와 실측치의 차가 전대역에 걸쳐 2dB 이하의 작은 차이를 보이며 차음등급 결정주파수가 동일하기 때문에 전달이론을 통해서 아주 신뢰성 있는 예측치를 제공한다고 할 수 있다.

(4) 복합진동을 일으키는 완충층이 있는 구조의 경우 슬래브만의 바닥 충격음레벨은 임피던스법을 이용하여 구하고 완충층을 통과하는 음의 감쇠량은 차음성능 개선량을 통해서 파악한 뒤 상호보완하여 구한 예측치와 실측치를 비교해 보면 그 차이가 L-3등급 이상을 벗어나지 않을 뿐만 아니라 차음등급 결

정주파수도 거의 동일하여 아주 정도 높은 예측 가능성을 보여주고 있다.

이상의 연구결과와 기 발표된 중량 표준충격원에 대한 예측방법의 검증을 토대로 실험실실험을 하지 않고도 완충층과 슬래브를 단일 바닥구조로 보고 전달이론에 적용시켜 바닥 충격음레벨을 예측할 수 있는 해석방법이 요구되며, 차후 모형실험과 F.E.M (유한요소법) 및 Modal Analysis 등을 이용하여 국내 공동주택 바닥 슬래브의 진동 전달특성과 완충층의 감쇠특성 및 수음실의 음장분포등을 더욱 정량화시킬 수 있는 체계적인 실험 및 해석방법이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 김선우, "공동주택 바닥 충격음 차음성능 평가에 관한 연구", 서울대학교 박사학위논문 1989.
2. 손철봉, "공동주택 바닥충격음 현장 측정방법 규준화를 위한 실험적 연구", 전남대학교 박사학위논문 1991.
3. 장길수, "청감실험에 의한 공동주택 바닥충격음 차음성능 평가방법 연구", 전남대학교 박사학위논문, 1991.
4. 김재수, "공동주택 바닥 충격음 차음성능 예측방법에 관한 실험적 연구", 전남대학교 석사학위논문 1990.
5. 김재수, 손철봉, 김선우 "임피던스법을 이용한 공동주택 바닥 충격음 차음성능 예측방법에 관한 실험적 연구(I)", 대한건축학회 논문집, 제8권 1호, 1992.
6. 손철봉, 김재수, 김선우 "공동주택 바닥 충격음 음장 분포 특성에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 제7권 4호, 1991.
7. 김선우, 손철봉, 손용식, 장길수, 이태강, 국찬, 김재수, 한명호 "바닥 충격음 차음성능 기준 및 등급화에 관한 연구(II)", 한국음향학회지, 제9권 4호, 1990.
8. 김선우, 손철봉, 장길수, 국찬, 김재수, "바닥 충격음 차음성능 기준 및 등급화에 관한 연구 (I)", 대한건축학회 논문집, 제6권 2호(통권 28호), 1990.
9. 김선우, 손철봉, 김재수 "공동주택 바닥 충격음 차음성능 개선을 위한 실험적 연구(II)", 대한건축학회 논문집, 제5권 3호(통권 23호), 1989.
10. 장길수, 김재수, 국찬, 이태강, 손철봉, 김선우

- “바닥 충격음의 인접실간 전달특성에 관한 연구”, 대한건축학회 추계 학술발표 논문집, 8권 2호, 1988.
11. 日本建築學會編, 建物の遮音設計資料, 技報堂出版, 1988, pp. 120~155.
 12. 折笠輝雄, “重量床衝擊音の實驗的解析方法に関する研究”, 1986.
 13. 正上勝夫, 木村 翔, “遮音性能評價の問題點”, 日本音響學會建築音響研究委員會, 1990.
 14. 中澤眞司, “コンクリート系集合住宅における重量床衝擊音に関する實驗的研究”, 日本大學大學院理工學研究科, 1990.
 15. 安岡正人, “波動性を考慮した低音域の床衝擊音に関する研究”, 日本建築學會計劃系論文報告集, 1989.
 16. 木村 翔, 井上勝夫, “イソピーダソス法による床衝擊音レベル豫測手法檢證のための實驗的研究”, 日本建築學會計劃系論文報告集, 1990, pp. 1~9.
 17. 安藤 啓, “固體音領域まで考慮した各種の床構造のモビリティ豫測方法”, 建築學會計劃系論文報告集, 199, pp. 11~17.
 18. Sho Kimura, Katsuo Inoue, “Practical Calculation of Floor Impact Sound by Impedance Method”, Applied Acoustics, 1988, pp. 263~292.
 19. Mario Paz, Structural Dynamics, 1985.
 20. Charles H. Norris, Structural Design for Dynamic Loads, mcGraw-Hill, New York, 1959.