

모형실험실에서 바닥충격음 완충재의 발포율 및 바닥마감재의 변화에 따른 충격음 차단성능에 대한 실험적 연구

Experimental Study of Floor Impact Sound Insulation by the Finishing Materials and Porous Ratio of Insulations of Floor Structure in Mock-up Test Room

김태희* · 오진균** · 신일섭*** · 조창근****

Kim, Taehee, Oh, Jin-Kyun, Shin, Il-Seop and Cho, Chang-Geun

Key Words : Mockup(축조실험실), Foaming rate(발포율), Flooring coverings(바닥마감재)

ABSTRACT

It is increasing the interest on the comfortable dwelling environment and the efforts to solve the problem of the floor impact noise in apartment houses have been realized, as a result numerous products have been made. The purpose of this study is to investigate the sound insulation performances according to foaming rate of floor impact noise insulators and flooring coverings in Mock-up Test Room. The test results of impact insulation performance for each floor impact noise insulators is that double structure of insulator is excel than one in low-middle frequency band and as foaming rate go up, the sound insulation performance is improved.

1. 서 론

공동주택의 상층부 바닥에서 충격에 의한 발생소음이 하부세대로 전달되어 거주성능을 악화시키는 경우가 빈번히 발생하고 있는 것이 국내 공동주택의 현실이다. 바닥충격에 의한 소음은 한국의 독특한 주거형태, 아파트 구조형식 등의 복합적인 원인에 의해 발생하는 것이다.

현재, 바닥충격음으로 인한 민원 등이 점차 증가하고 이에 관한 관심이 증대되고 있어 건설교통부에서는 공동주택의 바닥충격음 기준설정(안 제14조 제3항 및 제4항, 부칙 제4조)과 같이 공동주택의 층간 바닥충격음 기준을 개정·고시하였다.

이는 바닥충격음의 구체적인 기준을 마련하여 이웃간의 불화와 분쟁을 해소하고, 양질의 주거환경을 확보하며 향후, 표준바닥구조 및 차단성능 등급을 정하여 고시하고 일본과 미국 등과 같이 등급제를 도입하

여 소비자의 선택범위를 확대하고 공급자로 하여금 주거의 질적 수준을 향상하도록 하는데 목적이 있다.

법제화이후 완충재에 대한 관심이 부쩍 높아져 완충재의 종류가 많아졌다. 따라서, 각 제품의 차단성능에 대한 검증이 필요하며 실험실에서 성능을 평가하여 제품을 선별하는 방법을 사용하고 있다.

현재, 바닥충격음 완충재의 충격음 차단성능을 예측하고자 바닥충격음 완충재의 동탄성계수 및 손실계수 등을 평가하기도 한다.

본 연구에서는 바닥충격음의 완충재 효과와 바닥마감재의 변화에 따른 차단성능을 평가하기 위하여 모형실험실에서 해당구조를 시공하는 방법을 사용하였으며 완충재 두께와 완충재의 발포율 및 바닥마감재 변화에 따른 바닥충격음레벨을 비교·분석하였다.

2. 시험개요

2.1 실험실 및 시험체개요

(1) 실험실의 개요

본 연구는 건물내에 설치된 모형실험실에서 실시하였으며 모형실험실의 개요는 Table 1과 같으며 평면 및 단면은 Fig 1과 같다. Fig 2는 실험장면이며 Fig

* 현대건설 기술연구소

E-mail : repunit@hanmir.com

Tel : (031) 280-7364 Fax : (031) 280-7070

** 대한주택공사 주택도시연구원

*** 주성대학 음향공학과

**** 서일대학 건축과

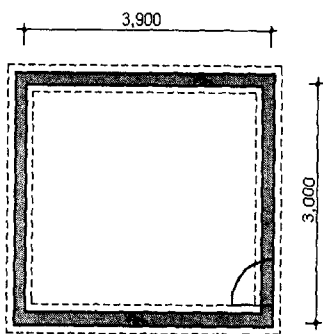
3은 완충재를 시공하였을 때의 단면을 나타낸 것이다.

완충재의 충격음 저감효과를 객관적인 조건하에서 비교·평가하기 위해서는 바닥 충격음 차단성능 평가에 영향을 미칠 수 있는 기타 모든 측정조건(대상 구조체 조건, 대상바닥의 면적, 수음실의 음장조건, 주변 구조조건 등)을 동일하게 설정하여야 한다. 그러나, 여러 종류의 측정대상 완충재를 실제로 동일한 조건의 현장에 시험시공한 후, 각각의 저감효과를 평가하는데는 매우 많은 시간과 경비가 소요되며, 또한, 현장이라는 여건으로 인해 발생할 수 있는 측정 및 시공상의 크고 작은 여러 영향요소로 인해 신뢰성 있는 측정결과를 도출하는데 어려움이 있다¹⁾.

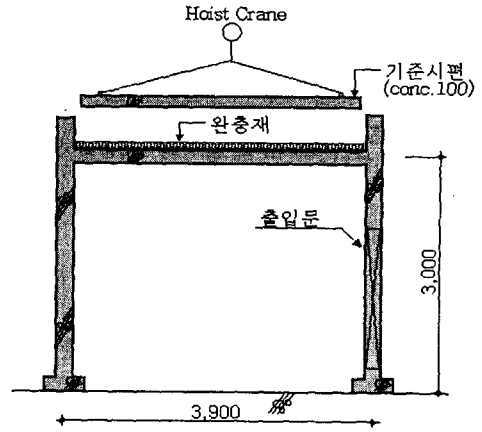
따라서 본 연구에서는 측정대상 완충재의 충격음 저감효과를 시의성 있게 평가하고 신뢰성 있는 측정결과를 도출하기 위해서 Fig 1과 같이 모형실험실에서 실험을 실시하였다.

Table 1. 모형실험실의 개요

구분	Mockup 실험실
크기(mm)	3,000(W)×3,900(D)×3,000(H)
시편의 크기(m ²)	기준판(기본 콘크리트 시편) 2,760(W)×3,510(D)×100(H)
용적(m ³)	31.2
구조	철근콘크리트조
슬래브 두께(mm)	150
벽체 두께(mm)	200
출입문(m ²)	2중문(0.9m×2m)

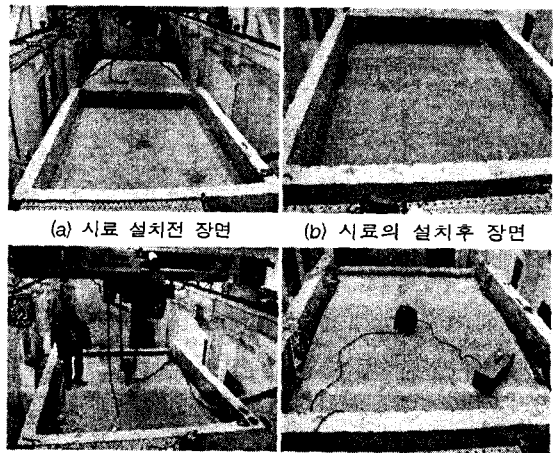


a) 평면



b) 단면

Fig 1. 모형실험실의 평면 및 단면



(c) 기본시편 설치후 장면 (d) 경량충격원 가진 장면

Fig 2. 실험장면

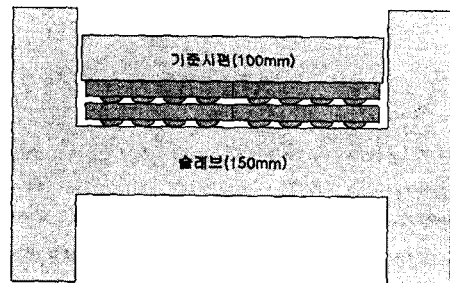


Fig 3. 완충재 시공시 단면

본 측정실은 상부 슬래브 및 벽체의 두께가 각각 150mm, 200mm인 철근콘크리트구조로 모형되었으며, 용적은 약 31.2m³이다. 또한 측정대상 완충재 상부에 설치하는 기본 시편은 100mm 두께의 철근콘크리트로 이루어져 있으며 시편의 설치 및 제거는 별도로 설치한 hoist crane (용량 5톤)을 이용하였다.

1) 건설교통부, 공동주택 바닥방시시스템 개발 및 실용화 연구, 1998.12. pp326~pp329.

(2) 시험체의 개요

본 연구에서 비교실험한 실험대상시료는 Table 2와 같으며 완충재의 두께, 발포율 및 바닥마감재를 달리한 총 17개 구조에 대해 실시를 하였다. 실험대상 완충재는 F 및 G를 제외한 모든 구조가 PE계열이다. 완충재의 두께는 6mm~25mm로 부분적층구조로 되어있으며, 발포율²⁾은 15배, 18배 및 20배로 하였다. 바닥마감재는 일반적으로 공동주택에 시공하는 온돌마루 및 합성수지계열 장판을 대상으로 하였다. 또한, 온돌마루 하부에 시공하는 차음시트의 두께는 각각 3mm 및 5mm로 하였다.

Table 2. 실험대상시료의 개요

구분	구성	비고
A	슬래브 150mm + 기준시편 100mm	기준구조
B	완충재(15mm)	
C	완충재(15mm×2)	
D	완충재(20mm)	
E	완충재(25mm)	
F	우레탄폼(6mm)	
G	우레탄폼(6mm×2)	
H	완충재(10mm×2)	발포18배
I	완충재(10mm)	"
J	완충재(20mm)	발포15배
K	완충재(20mm)	발포18배
L	완충재(20mm)	발포20배
M	완충재(15mm×2) + 차음시트(3mm) + 온돌마루(8mm)	
N	완충재(25mm) + 차음시트(5mm) + 온돌마루(7.5mm)	
O	완충재(25mm) + 온돌마루(7.5mm)	
P	완충재(15mm×2) + 합성수지장판(2mm)	
Q	완충재(25mm) + 합성수지장판(2mm)	

2.2 측정방법

측정방법은 KS F 2810-1:2001에 준하여 실시하였으며 바닥슬래브의 면적과 주변 구조의 변화에 의한 큰 영향을 받는³⁾ 중량충격원의 충격음레벨은 가진을 받는 기준시편과 벽체가 절연이 되어 있는 실험실의 구조적 특성상 저감효과가 있는 것으로 나타나므로 본 연구에서는 표준경량충격원에 의한 결과만을 나타냈다. 측정은 KS F 2810-1:2001 "바닥 충격을 차단

2) 발포 전 시료(포)의 부피에 대한 발포 후 시료(포)의 부피의 비율

3) KS F 2865:2002, 콘그리트 표준바닥 위 마감 구조의 경량 충격음 레벨 저감량의 실험실 측정 방법

성능 현장 측정 방법-제1부:표준 경량 충격원에 의한 방법"에 의해 1/3옥타밴드 중심주파수대역으로 실시하였으며, 타격지점은 실의 주변 벽으로부터 50cm 이상 떨어진 바닥 평면내로 중앙점을 포함하여 균등하게 5점으로 하였으며 수음점 역시 중앙점으로 포함한 균등히 분포한 5점으로 하였다. 각 측정점에서 10초이상 측정하였으며 3회 이상 측정을 실시하였다.

3. 실험결과분석

3.1 완충재의 두께에 따른 바닥충격음레벨 비교

완충재의 두께에 따라 경량충격을 차단성을 비교하기 위해 두께를 변화하였다.

Fig 4은 두께 15mm의 완충재를 대상으로 한 실험의 결과이다. 두 겹으로 하였을 경우 저·중주파수대역에서 차단효과가 있는 것으로 나타났다. 우레탄 폼을 대상으로 실험한 Fig 5에서도 이러한 경향이 나타났다. 그러나 한 개의 층으로 구성되어 있으며 완충재의 두께를 증가한 구조 D와 E의 경우에는 두께와 차단성능이 비례하지 않는 것으로 나타났다.

Fig 7은 기준구조와 각 구조간의 소음레벨을 나타낸 것이다. 구조 B와 C, 구조 F와 G에서 각각 3.5 및 3.1dB(A)의 저감량을 보였다. 구조 B, D 및 E의 경우에는 소음레벨 저감량이 1.9dB(A) 이내로 구조간의 큰 차이는 없으나, 두께가 20mm인 구조(D 구조)가 가장 우수한 것으로 나타났다.

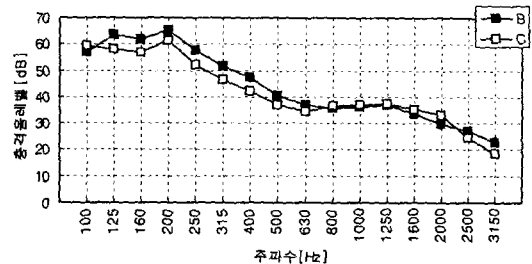


Fig 4. 완충재의 두께에 따른 구조간 충격음레벨

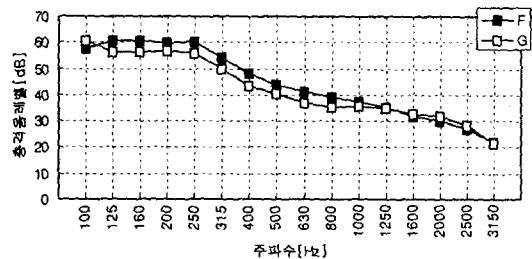


Fig 5. 완충재의 두께에 따른 구조간 충격음레벨

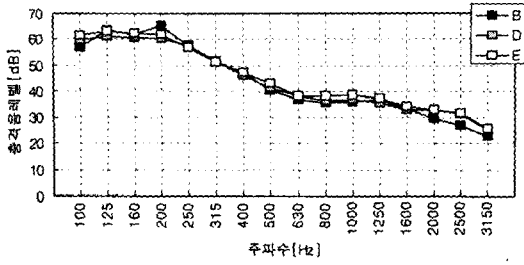


Fig 6. 완충재의 두께에 따른 구조간 충격음레벨

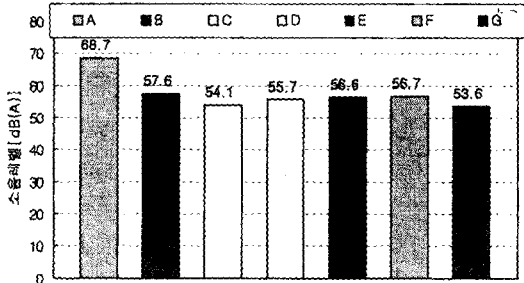


Fig 7. 완충재의 두께에 따른 구조간 소음레벨

3.2 완충재의 발포율에 따른 바닥충격음레벨 비교

바닥충격음 완충재의 발포율에 따른 충격음레벨의 차이를 확인하기 위하여 발포율을 15배, 18배 및 20배로 달린 완충재를 대상으로 실험을 실시하였다. 또한 발포율을 18배로 한 경우, 두께에 따른 충격음레벨의 변화량을 확인하기 위하여 10mm 두께의 완충재와 20mm 두께의 완충재간의 충격음레벨을 비교하였다.

Fig 8은 발포율을 달린 구조의 충격음레벨을 나타낸 것이다. 발포율이 높을수록 차단성능이 향상되는 것으로 나타났다.

Fig 9은 동일한 발포율을 가진 제품에 대해 두께를 달린 구조에 실험한 내용이다. 10mm 두께의 완충재를 두 겹으로 시공한 구조 K가 800Hz이하의 주파수대역에서 차단효과가 가장 우수한 것으로 나타났지만 그이상의 주파수대역에서는 오히려 성능이 악화되는 현상이 나타났다.

3.3 바닥마감재에 따른 바닥충격음레벨 비교

일반적으로 경량충격원에 의한 충격음레벨을 줄이기 위해 완충재를 사용하여 뜬바닥구조로 하고 표면이 부드럽고 탄성을 가진 재료로 충격원의 충격력 특성을 변화하여 구조체에 직접 전달되는 충격을 감소하는 방법을 병행하여 사용하는 방법이 유리하나 거실등과 같은 장소에서 상대적으로 충격음저감에 불리한

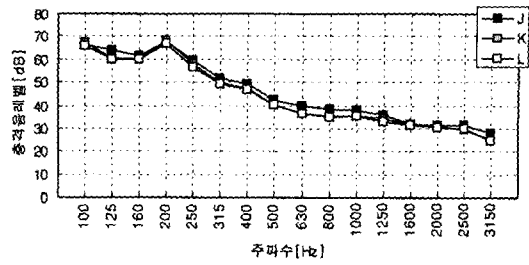


Fig 8. 완충재의 두께에 따른 구조간 충격음레벨

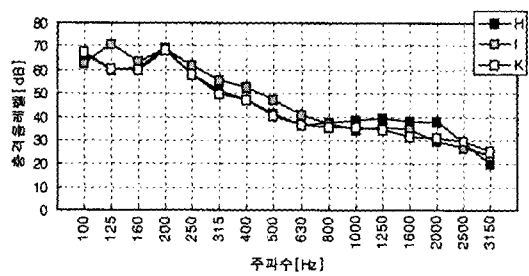


Fig 9. 완충재의 발포율에 따른 구조간 충격음레벨

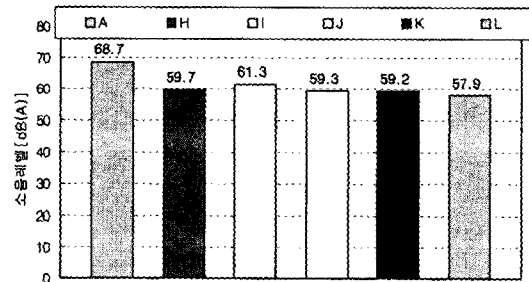


Fig 10. 완충재의 발포율에 따른 구조간 소음레벨

경질의 온돌마루를 사용하게 된다. 이때 충격력의 전달이 용이한 온돌마루의 단점을 보완하기 위해 온돌마루 하부에 차음시트를 설치하는 방법을 사용하곤 한다.

본 연구에서는 완충재를 시공한 상태에서 온돌마루, 온돌마루하부에 차음시트를 설치한 경우 및 합성수지계의 바닥마감재를 사용한 경우의 바닥충격음레벨을 측정·비교하였다.

Fig 11은 3mm두께의 차음시트를 온돌마루하부에 시공한 구조(구조 M)와 2mm 두께의 합성수지계열의 장판을 시공한 구조(구조 P)간의 충격음레벨을 비교한 것이다. 바닥마감재로 연질인 구조 P가 구조 M보다 1250Hz이상의 주파수대역에서 차단효과가 큰 것으로 나타났다. Fig 12은 온돌마루만 시공한 구조(구조 O), 온돌마루하부에 5mm두께의 차음시트를 시공

한 구조(구조 N)와 2mm의 합성수지계열 장판을 시공한 구조(구조 Q)간의 바닥충격음레벨을 비교한 것이다. 160Hz이하의 주파수대역에서 이 세 구조에서 큰 차이가 없으나 200Hz~1250Hz의 주파수대역에서 차음시트를 설치한 구조가 차단성능이 우수한 것으로 나타났으며 1600Hz이상의 주파수대역에서는 합성수지계열의 장판을 설치한 구조가 가장 우수한 것으로 나타났다. Fig 13는 동일한 두께의 완충재를 사용하고 마감재를 달리한 구조(구조 C, M P 및 구조 E, N, O, Q)의 소음레벨을 나타낸 것이다.

완충재만 설치된 구조(구조 C, 구조 E)에 비해 바닥마감재가 설치된 구조에서 차단효과가 나타났으며 온돌마루하부에 차음시트를 설치한 구조(구조 M, 구조N)은 각각 2.2dB(A), 3.6dB(A)의 저감효과가 있는 것으로 나타났다.

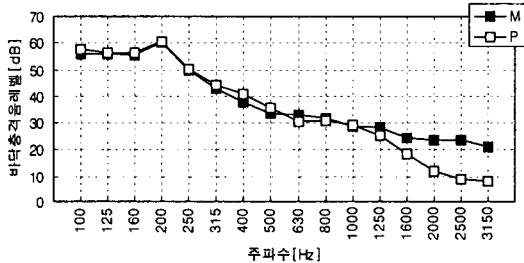


Fig 11. 바닥마감재의 변화에 따른 구조간 충격음레벨

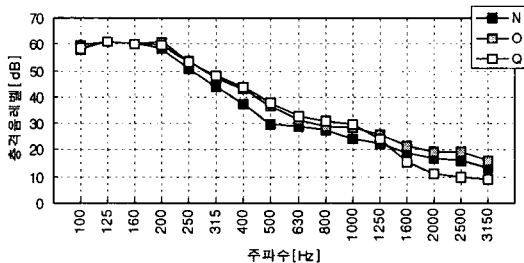


Fig 12. 바닥마감재의 변화에 따른 구조간 충격음레벨

4. 결론

완충재의 두께 및 발포율, 바닥마감재를 변화한 구조의 바닥충격음 차단성능을 실험한 결과는 다음과 같다.

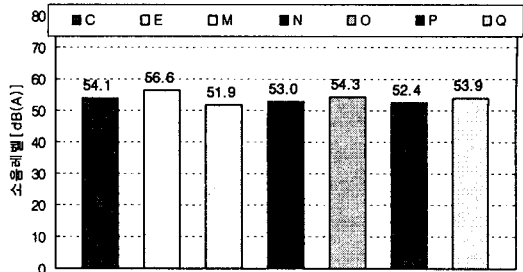


Fig 13. 바닥마감재의 변화에 따른 구조간 소음레벨

완충재를 두 겹으로 하여 시공한 구조에서 단층으로 시공한 구조보다 저·중주파수대역에서 차단성능의 향상이 있음을 알 수 있다. 그러나 단층으로 구성된 구조의 충격음차단성능은 20mm, 25mm, 15mm순으로 나타나 두께에 비례하지 않는 것으로 나타났다.

발포율의 변화에 따른 충격음의 차단성능을 비교한 결과, 발포율에 비례하여 차단성능이 향상되는 것으로 나타났다.

바닥마감재를 변화하여 측정한 결과, 바닥마감재가 없는 구조(구조 C : 완충재 15mm×2, 구조 E : 완충재 25mm)에 비해 바닥마감재를 설치한 구조에서 차단효과가 나타나는 것으로 나타났으며 차음시트 3mm를 설치한 구조의 저감량은 2.2dB(A), 5mm를 설치한 구조에서 3.6dB(A)로 나타났으며 차음시트가 설치여부(구조 N, 구조 O)에 따라 1.3dB(A)의 차이가 발생했다. 따라서, 차음시트가 충격음 저감에 효과가 있는 것으로 판단되며 차음시트의 두께에 따른 충격음 저감효과는 추후 연구를 하여야할 것으로 판단된다.

참고 문헌

이 원열 외 3인, 초고층 공동주택의 내부 발생소음 실측평가에 관한 연구-바닥충격음, 실간차음 및 공조설비소음을 중심으로- 대한건축학회 학술발표논문집, 제 20권 제 2호, 2000년 10월 28일, pp.801~804.
 김선우의 4인, 천정구조와 바닥마감재의 조합에 따른 경량 충격음 차음특성 및 저감량에 관한 실험적 연구, 대한건축학회논문집 계획계 18권8호(통권166호), 2002년 8월, pp177~pp184
 기노갑의 3인, 바닥마감재에 의한 바닥충격음 차음특성 연구, 대한건축학회 발표대회논문집, 제 23권 제1호, 2003년 4월 26일, pp645~pp648