

바닥충격음 저감이 가능한 천장 공법 개발

Development of ceiling construction methods reduced floor impact sound

김경호† · 김성훈, 류종관, 이종인, 김용민*

Kim kyungho, Kim sunghoon and Ryu jongkwan, Lee jongin, Kim yongmin

Key Words: Floor Impact Sound(바닥충격음), Apartment Building(공동주택), Ceiling Construction Method(천장공법), Ceiling Structure(천장구조), Heavy-weight Impact Sound Source(중량충격음)

ABSTRACT

According to the advanced study, Increase of ceiling air space could cause increase of floor impact sound by air-spring effect. So in this research, we studied the increase of floor impact sound caused by ceiling air space in apartment buildings. At first, we evaluated the change of floor impact noise in the condition of with or without ceiling air-space. And then we installed perforated ceiling systems and glass wool at ceiling area. we expected that perforated ceiling systems could prevent air-spring effect in ceiling space. As a result, ceiling air space caused increasement of floor heavy impact noise about 2~4dB. But perforated ceiling & sound-absorbing materials system could give us reduction of heavy floor impact noise about 3dB. So this systems could be a good alternative to obey national regulations, because it can reduce heavy impact noise additional to floating floor systems.

1. 서 론

국내 공동주택에서 대표적으로 사용되는 바닥구조는 완충재를 사용한 뜬바닥 구조이다. 해당 구조는 EVA 혹은 EPS 완충재 설치 후 기포몰탈과 마감몰탈을 시공하여 바닥을 구성하는 습식공법으로 대량시공에 용이하며 경제성이 우수한 장점이 있다.

반면에 실험실에서 인정받는 차단성능이 현장에서는 재현되지 않는 등의 바닥충격음 차단성능에 대한 많은 의문점이 존재하는 실정이며, 이는 최근 사회적으로 큰 문제를 발생하고 있는 층간소음민원의 주원인이다.

완충재를 적용한 뜬바닥 공법이 충격음을 차단하지 못하는 주요 원인은 크게 2가지로 분류할 수 있다. 첫째, 완충재를 사용함에 따라 저주파수 대역에 공진을 발생시켜 충격음 저감 효과를 약화시킨다.

둘째, 직하층 세대에 설치되는 천장 공기층에서 발생하는 에어스프링 작용에 의하여 마찬가지로 저주파수대역에 공진을 발생시켜 충격음 저감효과를 약화시키는 것이다.

특히 직하층 세대의 천장 공기층에 의해 증폭되는 현상은 법 개정(소방시설 및 설치 유지에 관한 법률 시행령 별표에 따르면 층수가 11층 이상인 특정소방대상물의 경우 전층에 스프링클러 설치를 의무화하는 규정을 2008.12.15.에 신설하였으며, 건축설비기준 등에 관한 규칙에 따르면 100세대 이상 공동주택에 대해 자연환기 설비 또는 강제환기 설비 설치가 의무화 되었다)의해 스프링클러 와 환기설비 시공에 필요한 공간 확보를 위하여 기존 30mm에서 200mm로 증가하여 더욱 심화되었다.(2)

따라서 본 연구에서는 바닥 및 천장구조의 각 시공 단계별 충격음을 측정하여 변화량을 확인하고, 천장공기층의 증폭현상을 저감시킬 수 있는 대안을 제시하고자 한다.

† 교신저자; 정회원, KCC 중앙연구소
E-mail : khkim92@kccworld.co.kr
Tel : 031-288-3374, Fax :031-288-3015

* 포스코건설 R&D Center

2. 실험개요

2.1 실험개요

Air-spring 작용에 의한 바닥충격음 변화량을 확인하기 위하여 상하로 연결된 바닥충격음 실험실에서 직하층의 천장구조를 변화시켰다

우선 공동주택에서 주로 사용되는 일반천장 공법(공기층 200mm, 석고보드 9.5mm 1겹)을 시공 전후로 바닥충격음을 평가하여 천장설치에 따른 증폭량을 확인하였다.

그리고 천장 공기층의 Air-spring 작용을 방지하기 위해 벽면 몰딩재와 우물천장 측부재를 타공(타공지름 10mm, 타공간격 15mm, 타공부 방충망 부착)하여 천장 내부의 공기가 소통될 수 있도록 설계한 통기성 천장을 시공하여 일반천장과 바닥충격음 성능을 비교하였다.

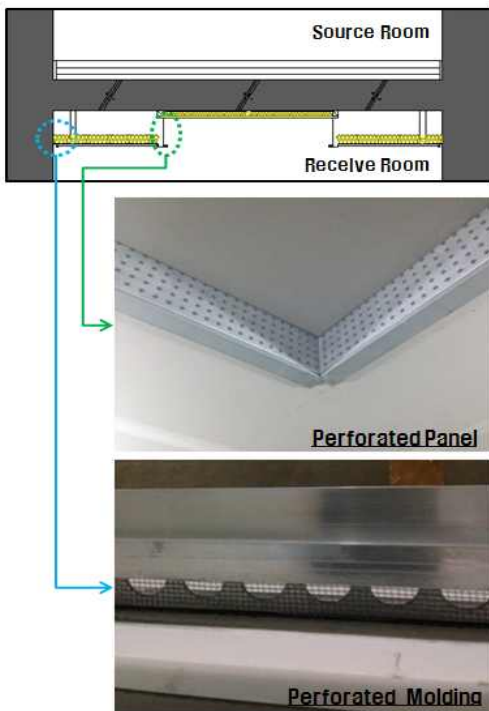


Figure 1 Perforated ceiling detail

Table 1 Experiment condition

Type	#1	#2	#3	#4	#5
Bare Slab	○	○	○	○	○
Floating Slab		○	○	○	○
Ceiling			○		
Perforated Ceiling				○	○
Ceiling Glass Wool					○

2.2 실험대상구조

바닥충격음의 측정은 KCC중앙연구소 바닥충격음 실험실에서 진행하였다. 해당 실험동의 단위실험실은 4300(W)×4800(L)×2600(H)mm 크기의 내력벽구조이며 슬라브는 180mm이다. 콘크리트 내력벽은 마감없이 노출하였으며, 출입부에는 창호를 설치하여 외부 소음의 영향을 최소화하였다.

Fig. 2에 실험실 단순평면도와 가진점 및 수음점을 나타내었다. 각각의 측정점은 벽으로부터 750mm 떨어진 지점에 설치하였다. 가진점(5point)은 P-1~5, 수음점(4point)은 P1, P3~5이다.

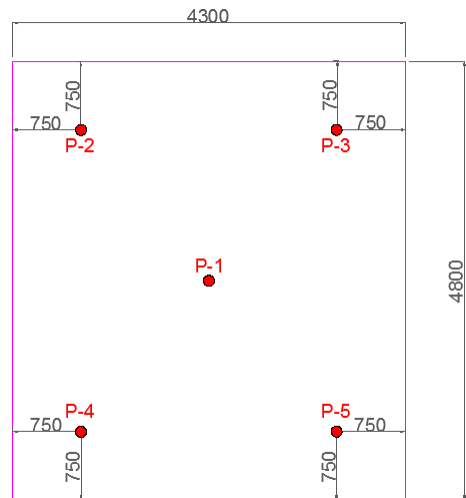


Figure 2 Measurement points in Laboratory

Fig. 2의 실험실을 대상으로 시공단계에 따라 맨바닥 콘크리트 슬라브, 뜬바닥 슬라브(EVA계열 완충재 시공), 일반천장, 통기성천장, 일반천장+그라스울, 통기성천장+그라스울의 조건에서 중량충격음을

측정하였으며, 세부 시공 도면은 Fig. 3과 같다.

각각의 천장은 모두 천장고를 200mm로 통일하였으며, 마감은 일반석고보드 9.5mm 1겹으로 시공하였다. 그리고 천장내부에 시공되는 흡음재는 그라스울 24K 50mm 제품을 사용하였다. 통기성 천장의 우물천장은 2000(W)×2000(L)×170(H)mm의 크기로 시공하였다.

한편, 직상층의 바닥구조는 슬라브 180mm를 포함하여 뜬바닥구조 110mm (EVA30mm + 기포몰탈 40mm + 마감몰탈40mm)를 시공하였다.

바닥충격음 차단성능 실험은 KS F 2810-1,2 (3)(4)에 의거하여 측정을 진행하였으며, Table. 2의 장비를 활용하였다.

충격원이 가지고 있는 충격력이 다르기 때문에 하부층에 공기층이 설치될 경우 충격원에 따라 Air-spring 작용에 의한 바닥충격음 특성변화가 서로 다르게 나타날 것으로 예상하여 중량충격원으로는 Bang machine과 Impact ball 두 가지 충격원을 사용하여 각각 분석을 진행했다. Bang machine의 공기압은 2.4Kgf/m²로 맞춘 후 동일한 공기압 조건에서 측정하였다. 그리고 주파수 분석기를 옥타브 밴드로 설정하여 각각 측정하였다.

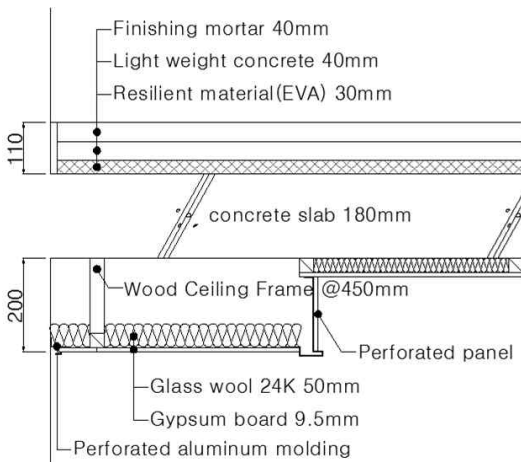


Figure 3 Structure section detail

Table 2 Measurement instruction

Type	Description
Impact Source	Bang machine / Impact ball / Tapping machine
Microphone	4943(B&K)
Data Analyzer	3560-B-030(B&K)
Software	Pulse 18.0(B&K)

3. 측정결과

3.1 중량충격음 평가결과

(1) Bang machine

바닥 및 천장구조의 변화에 따른 Bang machine 측정결과를 Table. 3와 같이 나타냈으며, 결과값은 1/1옥타브밴드 주파수 및 단일수치 평가량으로 표현하였다.

멘슬라브(#1) 대비 EVA완충재를 시공한 뜬바닥(#2)의 바닥충격음 특성은 단일수치량으로는 2dB 개선되었으나, 63Hz대역에서는 3.4dB 저하되는 것으로 나타났다.

뜬바닥구조에 공기층 200mm의 천장을 설치할 경우(#3) 단일수치량 4dB 저하 하였으며, 특히 63~125Hz대역에서 Air-spring 작용에 의해 최대 5.2dB 저하하는 것으로 나타났다.

통기성 천장을 설치한 경우(#4) 일반천장(#3) 대비하여 63Hz대역을 3.6dB 개선되었으나, 250Hz 이상대역에서는 오히려 저하되는 것으로 나타났다. 이것은 타공된 부위를 통해 250Hz 이상 대역의 충격음이 수음실로 전달된 것이라 판단된다.

상기 결과에 따라 250Hz 이상 대역의 충격음 차단성능 보안을 위하여 천장구조에 그라스울을 시공하였다. 통기성천장에 그라스울을 시공한 경우(#5) 일반천장(#3) 대비 단일수치량 3dB를 개선시켜 바닥충격음 차단성능등급 1개 등급을 상향시킬 수 있는 수준으로 나타났다.

천장에 흡음재를 설치한 경우(#5) 설치 전후를 비교하면 63Hz 대역에서는 최대 2.2dB 성능이 저하되고, 125Hz 이상대역에서는 최대 8.3dB 개선하는 것으로 나타났다.

Table 3 Test results of Bang machine

Frequency [Hz]	#1	#2	#3	#4	#5
63	74.7	78.1	80.7	77.1	79.3
125	65.2	63.7	68.9	68.2	64.7
250	62.6	51.3	51.3	55.8	47.5
500	51.5	38.0	38.7	42.6	36.7
$L_{i,Fmax,AW}$	51	49	53	51	50

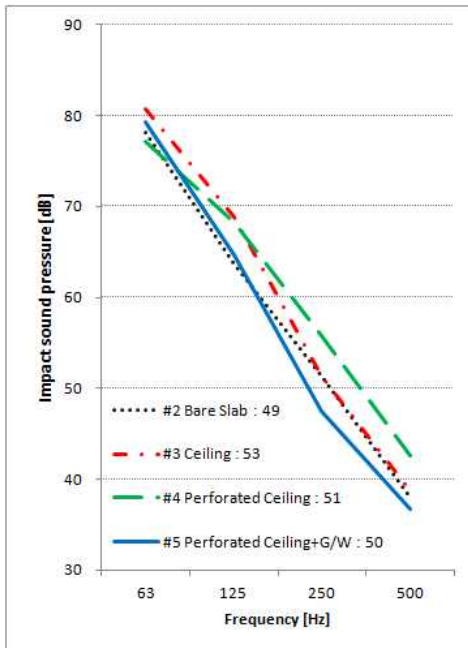


Figure 4 Measurement results of impact sound level of bang machine sound in 1/1Oct. band

(2) Impact ball

Impact ball을 충격원으로 활용하여 평가한 충격음 평가결과는 Table. 4와 같이 나타났다. Table. 3의 Bang machine 평가결과와 비교하면 125Hz 이상 대역에서 높은 충격량을 나타내었다. 이것은 충격원의 특성에 따라 Bang machine은 63Hz 대역에서, Impact ball은 125~250Hz대역에서 높은 충격량을 나타내며 맨바닥의 바닥충격음 차단성능은 Bang machine으로 가진했을 때 보다 7dB 높게 나타났다.

이러한 특징으로 인해 Impact ball로 바닥을 가진했을 경우에는 완충재만 시공한 #2 구조의 저감량이 7dB로 Bang machine으로 가진했을 경우(2dB

개선)보다 높은 저감량을 나타내고 있다.

한편, 하부층에 천장구조가 설치된 #3구조에서는 Air-spring 작용에 의해 바닥충격음 증폭현상이 2dB로 나타나 Ball로 가진할 경우 Bang machine으로 가진한 것에 비해서 충격음 증폭현상이 크지 않은 것으로 나타났다.

이러한 원인으로 인해 Ball로 가진할 경우 통기성 천장구조를 설치한 #4번구조의 바닥충격음 차단성능의 단일수치 평가량에 변화가 없는 것으로 나타났다. 그러나 그림 5에서 볼 때 63Hz 대역에서 중량 충격음 저감효과는 4.2dB 저감시키고 있는 것으로 나타났으나 오히려 125Hz~250Hz에서 충격음 증폭되는 것을 볼 수 있다. 이는 Ball의 충격특성이 125Hz~250Hz에 많은 비중을 차지 하고 있어 통기된 부위를 통해서 공기전달음이 하부층으로 더 크게 들린 것으로 판단된다. 이러한 추론을 뒷받침하는 결과는 #5 구조의 실험결과에서 알 수 있다.

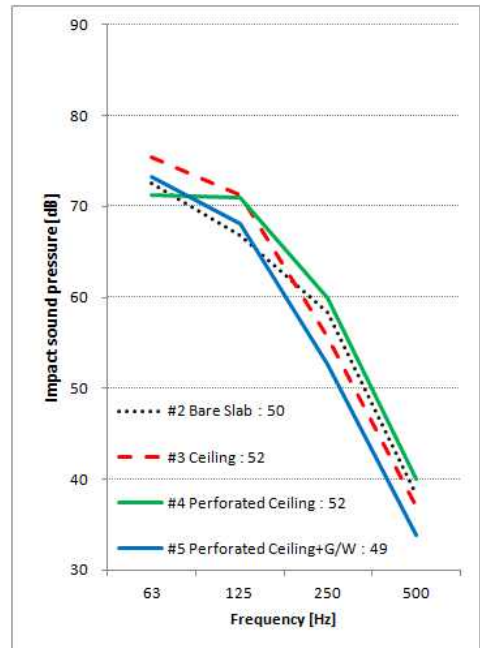


Figure 5 Measurement results of impact sound level of Impact ball sound in 1/1Oct. band

통기성 천장 구조 내부에 흡음재를 설치한 #5 구조의 충격음 저감량은 3dB로 평가되어 Bang machine으로 가진한 경우(1dB 개선)보다 개선효과가 큰 것으로 나타났다. 이는 그림 5의 주파수 분석

결과에서도 확인할 수 있는데 천장에 흡음재를 설치한 경우 125Hz 이상대역에서는 최대 7.3dB 개선하는 것으로 나타났다.

Table 4 Test results of Impact Ball

Frequency [Hz]	#1	#2	#3	#4	#5
63	70.1	72.5	75.5	71.3	73.2
125	70.3	66.8	71.3	71.0	68.1
250	69.8	58.4	55.6	59.9	52.6
500	58.3	38.3	37.0	40.0	33.8
$L_{i,Fmax,AW}$	58	50	52	52	49

3.2 경량충격음 평가결과

Tapping machine을 충격원으로 활용하여 평가한 경량충격음 평가결과는 Table. 5와 같이 나타났다.

일반천장(#3) 대비 통기성천장(#4)의 단일수치평가량의 차이가 1dB로 미미하고 전체 주파수대역에서도 큰 차이가 나지 않는다. 따라서 경량충격음은 Air-Spring 작용에 의한 차단성능의 변화는 없으므로 판단된다. 천장에 그라스울 설치 시(#5) 차단성능은 최대 3dB 개선 되었으며 이는 천장내부에 흡음재를 설치하여 공명현상을 방지하였기 때문이다.

Table 5 Test results of Tapping machine

Frequency [Hz]	#1	#2	#3	#4	#5
125	65.5	59.7	61.2	63.0	58.7
250	74.9	59.8	55.8	57.7	53.1
500	73.8	51.5	49.7	49.3	48.5
1000	75.7	43.6	41.7	42.1	40.9
2000	77.3	42.4	38.1	39.3	37.9
$L_{n,AW}$	75	48	46	47	44

4. 결 론

최근 층간소음이 사회적이슈로 대두되며 다양한 바닥구조가 개발되고 있는 실정이다. 그러나 성능이

우수한 바닥구조를 활용하여도 직하층 천장내부의 공기층에 의해 충격음이 증폭되기 때문에 상층부의 완충재만으로는 바닥충격음 문제를 해결하는데 한계가 있다.

또한 본 논문에서 제안하고 있는 통기성 천장 구조는 바닥완충재의 충격음 차단성능에 추가적으로 약 3dB의 저감효과를 더 확보할 수 있을 것으로 기대하고 있어 현장에서 실시하는 바닥충격음 차단구조 인정시험에서 범기준을 만족할 수 있는 데 큰 도움이 될 것으로 예상된다.

향후 일정으로는 통기성천장구조를 아파트현장에 목업시공하여 아파트현장에서의 충격음저감 성능에 대한 검증을 이어나갈 계획이다.

참 고 문 헌

- (1) Choi, H. J., Kim, K. W., Yeon, J. O., Yang, K. S., Kim, K. H., 2012, An Analysis on the Floor Impact Characteristics of Ceiling Aperture And Development of Air Flow System, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp.791~792
- (2) Kim, K. H., Choi, H. J., Kim, Y. K., 2011, Evaluation of ceiling structure influencing to the floor impact sound, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp.423~424
- (3) KS F 2810-1: 2001, Field Measurements of Impact Sound Insulation of Floors Part 1 : Method Using Standard Light Impact Source
- (4) KS F 2810-2: 2001, Field Measurements of Impact Sound Insulation of Floors Part 1 : Method Using Standard Heavy Impact Source