

천장구조를 이용한 공동주택 바닥충격음 차단성능 개선에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Improvement Floor Impact Sound Insulation by Ceiling Structure in Apartment Houses

백 은 선*

Baek, Eun-Sun

Abstract

In apartment houses, said to be similar to a typical housing form, every household share the walls and floors. Many problems inevitably accompany such as an arrangement, as noise and vibration are shared among households. When investigating the percentage of apartment resident's dissatisfaction with housing environments, discontent due to noise ranks the highest. Among many different kinds of noises, noise such as floor crashing sounds show the highest indication rate in the residents' comparison of discontent. Therefore, it is the practice of insulating against noises such as floor crashing sounds that improves the apartment house environments.

The factors influencing the floor impact sound insulation include floor finishing materials, shock absorbing floors (slabs included), and ceiling structures. The ceilings of the apartment houses, currently built in Korea, are set up with lower parts of slabs and paper finishing, or with double floors for protecting against floor impact sounds in order to improve the sound insulating performance. The most common the method of ceiling structure construction consists of 'wood boarded frames +Gypsum boards + ceiling papers', which is called the wood boarded frame method.

This study aimed to measures and evaluates floor impact sound insulation by which the ceiling space are widened according to suppression system is added in apartment house ceiling structure.

Keywords : Apartment houses, Floor impact sound insulation, Ceiling structure, Suppression system

1. 연구배경 및 목적

국내주거의 일반적인 형태가 되어버린 공동주택의 증가는 필연적으로 소음문제를 가지고 있다. 하나의 벽으로 이웃세대에서 상호 공유하고 있는 이유로 소음의 전달을 통한 상호간의 피해사례가 증가되고 있다. 특히 윗세대에서 발생하는 충격소음이 그 대표적인 예이다. 그동안 바닥충격음 문제는 소음에 대해 민감한 일부 거주자의 문제로 생각하거나 거주형태상 발생할 수 밖에 없는 문제로 돌리기도 하였다. 그러나 최근 공동주택에서의 바닥충격음문제가 대부분의 언론에서 다룰 정도로 사회적인 문제로 급격히 부상함에 따라 거주자의 요구를 반영한 공동주택 바닥충격음 차단성능 대책을 수립할 필요가 있다.

이에 건설교통부에서는 공동주택 바닥충격음 차단성능 향상 대책으로 “공동주택 바닥충격음 차단구조 인정제도”를 도입하고 “주택건설기준 등에 관한 규정 제14조 제3항”의 규정(공동주택의 바닥은 각 층간의 바닥충격음을

충분히 차단할 수 있는 구조로 하여야 한다)에 구체적인 성능기준(경량충격음 :58dB이하 , 중량충격음 : 50dB이하)과 표준시방기준(성능기준을 만족시킬수 있는 대표적인 바닥구조)을 제시하고 있다. 즉 최소기준을 만족할수 있는 5종의 표준바닥구조를 제시하고 바닥충격음 차단성능의 등급기준을 4개 등급으로 구분 고시함으로써, 민원이 가장 많이 발생되고 있는 바닥충격음에 대한 차음성능을 확보하고 등급화를 통하여 그 성능을 차별화 함으로서 소음차단 효과가 큰 고품질의 공동주택 공급을 유도하고 있다.¹⁾

한편 국내 공동주택의 바닥구조는 80년대에 120mm 두께의 슬래브를 일반적으로 많이 사용하여 왔으나 90년대에는 대형평형 공동주택을 중심으로 130mm~150mm 두께의 바닥슬래브를 사용하였고 근래에는 180mm~200mm 이상으로 늘리려는 추세이며 최근에 고시된 표준바닥구

* 정회원, 대신엔지니어링 이사, 공학박사

1) 건설교통부, 공동주택 바닥충격음 완화를 위한 표준바닥구조의 설계, 시공기술 및 활용방안, 2004

조의 슬래브두께는 210mm로 되어있다. 이는 바닥구조체의 두께를 늘리는 것이 바닥의 면밀도와 강성을 동시에 높이기 되어 중량충격음에 대한 바닥충격음 저감효과가 크기 때문이다. 그런데 바닥판의 두께를 증가시켜 구조물의 진동을 줄이는 방법에는 한계가 있어 최근에는 벽체 및 하부세대의 천장구조 공간을 활용한 저감방법 강구에 연구력을 집중하고 있는 추세이다.

따라서 본 연구에서는, 기존의 공동주택 슬래브하부구조(천장)의 공간이 40mm이던 것이 2005년 1월1일부터 시행(건축허가시점)된 “공동주택 소방설비설비(스프링클러) 설치기준”에 의해 소방설비배관이 천장에 시공되어 그 공간이 170mm~200mm까지 증대됨에 따라 이러한 공간에 의한 바닥충격음 차단성능의 변화를 파악하고 향후 다양한 재료를 본 공간에 충전하는 등의 방법에 의해 바닥충격음 저감을 위한 기초 자료로 활용하고자 한다.

2. 공동주택 소방설비 설치기준의 법규사항

과거 소방법 규정은 일반건축물의 경우 층수가 11층 이상인 경우는 전층에 스프링클러설비를 설치하도록 규정하였으나 단, 공동주택의 경우에는 16층 이상 층에만 설치하도록 하였다. 그러나 개정된 “소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률 제9조 1항 시행령 15조”에 의거, 특정소방대상물의 규모 등에 따라 갖추어야 하는 소방시설 등의 규정에 따라 건축물의 층수가 11층 이상인 경우는 전 층에 스프링클러설비를 설치하여야 하며 이러한 법규는 2003년 5월 29 일 공포하고 2004년 5월 29 일 시행되었다. 단, 공동주택은 2005년 1월 1일부터 시행하는 것으로 한다.(건축허가시점)

3. 연구방법 및 내용

3.1 실험 대상 구조 선정

본 연구는 공동주택 슬래브하부에 스프링클러 배관을 설치함으로 인하여 기존의 공간(약40mm)보다 130mm~160mm이상 넓어짐에 따라 이러한 공간의 변화가 바닥충격음 저감에 어느 정도 영향을 미치고 있는가를 파악하기 위한 실험이다.

한편 본 실험은 “W건설”이 광주광역시 우산동에 신축 중인 공동주택 현장에서 실시하였으며 본 현장은 2005년 1월 1일 이전에 건축허가하고 그 이후에 시공된 현장으로 최근의 법규에 해당되지 않아 16층 이상 층에만 스프링클러설비가 설치된 현장이다.

. 따라서 평면구조가 동일한 34평형 공동주택 4개 세대중 스프링클러 배관이 설치된 16층 이상 2개 세대와 설치되지 않은 15층 이하 2개 세대를 각각 선정하여 바닥충격음 차단성능을 측정하고 상호 비교 평가하였다.

실험이 실시된 바닥구조 내역은 아래의 표1.과 같으며 각각의 구조 단면도 및 시공과정 사진은 다음과 같다.

표1. 바닥구조 내역

구분	바닥구조	천장구조	비고
스프링클러설비 미설치세대	콘크리트슬래브 180mm 방음재(단열재) 20mm 경량기포콘크리트 50mm	공기층 30mm 석고보드 9.5mm 밧천장지	15층 이하
스프링클러설비 설치세대	시멘트모르타르 40mm 장판지 3mm	공기층 200mm 석고보드 9.5mm 밧천장지	16층 이상

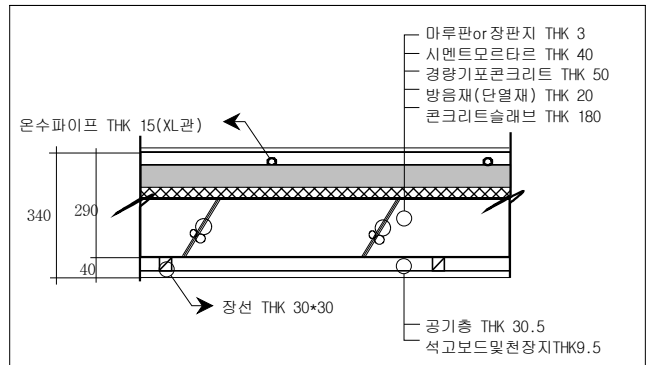


그림 1. 스프링클러설비 미설치 세대 단면도



사진 1. 스프링클러설비 미설치 세대 천장구조 시공장면

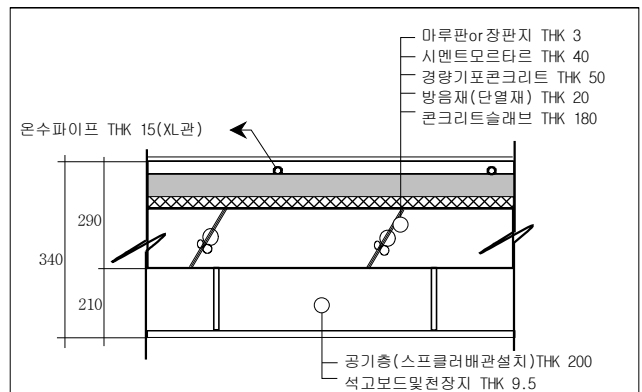


그림 2. 스프링클러설비 설치 세대 단면도



사진 2. 스프링클러설비 설치 세대 천장구조 시공장면

3.2 측정방법 및 측정기기

실험은 스프링클러설비 설치세대 2세대 및 미설치세대 2세대의 안방 및 거실에서 표준경량 및 중량충격원으로 가진하고 수음실에 전달되는 바닥충격음을 측정하였다.

측정방법은 KS F 2810-1,2 : 2001 (바닥충격음 차단성능 현장측정방법)에 준하여 측정을 실시하였으며, 경량충격원에 의한 바닥충격음 차단성능 측정시 균준화 바닥충격음 레벨을 산출하기 위하여 실험이 실시된 수음실의 잔향시간을 측정하였고 실험에 사용된 측정기기는 다음과 같다.

<측정기기>

- Microphones and Preamplifiers
- 8ch Signal Analyser (RION SA - 01)
- Personal Computer
- Tapping Machine (B&K Type 3204)
- Bang Machine (일본 Satsuki kizae사 제품, RM)
- 01dB
- HP1001

4. 측정결과 및 분석

4.1 동일구조간 차단성능 비교(경량충격음)

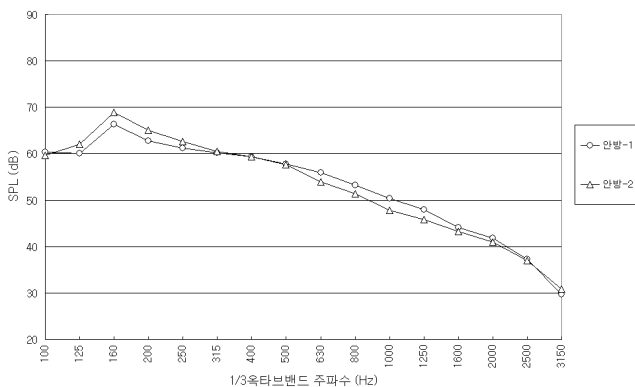


그림 3. 스프링클러 미설치세대의 차단성능 (안방)

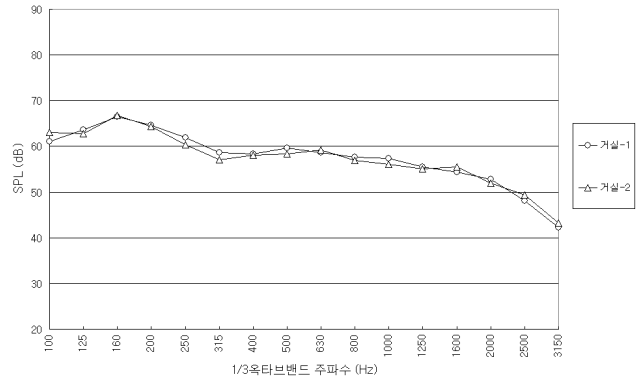


그림 4. 스프링클러 미설치세대의 차단성능 (거실)

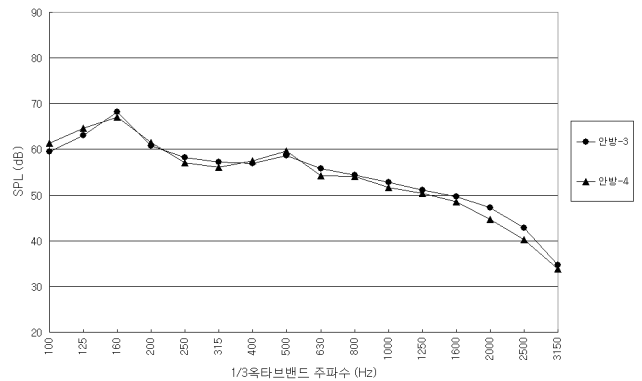


그림 5. 스프링클러 설치세대의 차단성능 (안방)

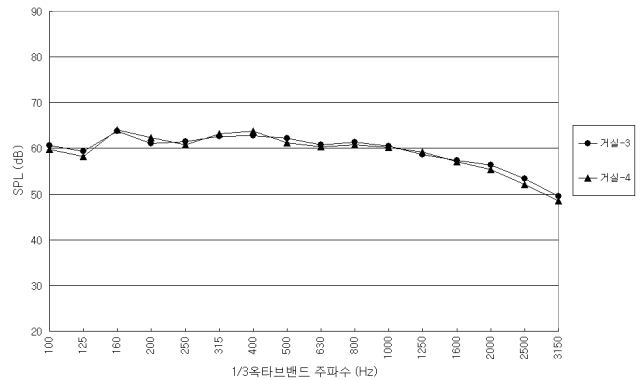


그림 6. 스프링클러 설치세대의 차단성능 (거실)

이상의 그림은 동일 구조간 동일 측정장소간 표준경량 충격원에 의한 바닥충격음 차단성능을 비교한 것이다. 각각의 그림에서 알 수 있듯이 스프링클러 설비를 설치하거나 설치하지 않는 기본구조에서 각 세대의 바닥충격음 차단성능은 큰 차이를 보이지 않고 유사한 특성을 보이는 것으로 나타났다. 즉, 안방과 거실 상하층 구조간 특성은 동일한 것으로 판단할 수 있다.

4.2 동일구조간 차단성능 비교(중량충격음)

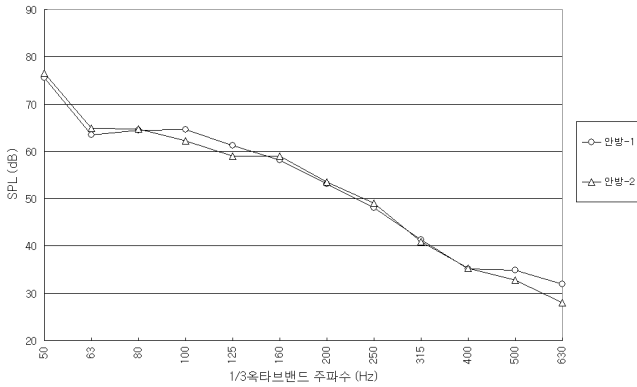


그림 7. 스프링클러 미설치세대의 차단성능 (안방)

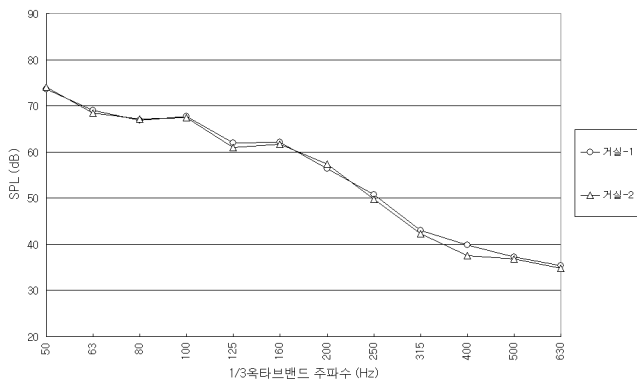


그림 8. 스프링클러 미설치세대의 차단성능 (거실)

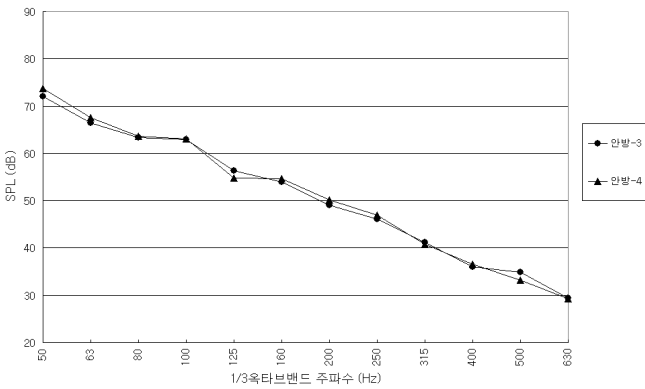


그림 9. 스프링클러 설치세대의 차단성능 (안방)

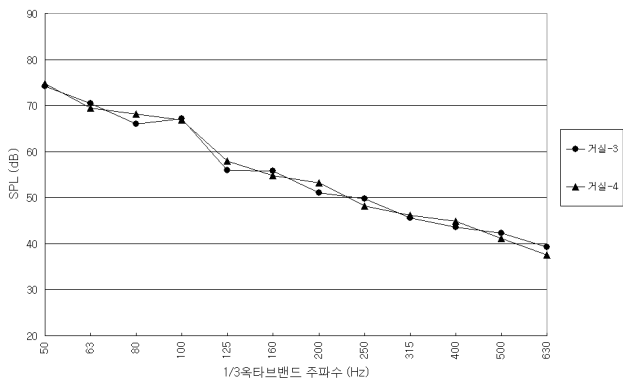


그림 10. 스프링클러 설치세대의 차단성능 (거실)

이상의 그림은 동일 구조간 동일 측정장소간 표준중량 충격원에 의한 바닥충격음 차단성능을 비교한 것이다. 경량충격음의 특성과 동일하게 스프링클러 설비를 설치하거나 설치하지 않는 기본구조에서 각 세대의 바닥충격음 차단성능은 큰 차이를 보이지 않고 유사한 특성을 보이는 것으로 나타났다. 따라서 표준중량충격원에 의한 바닥충격음 차단성능은 안방과 거실 상하층 구조간 특성이 동일하게 나타나고 있음을 알 수 있다..

4.3 스프링클러 설비 유무에 따른 차단성능 비교

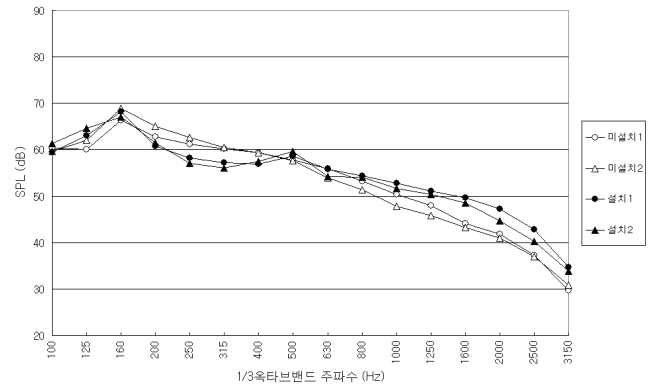


그림 11. 설비 유무간 경량충격음 차단성능 비교(안방)

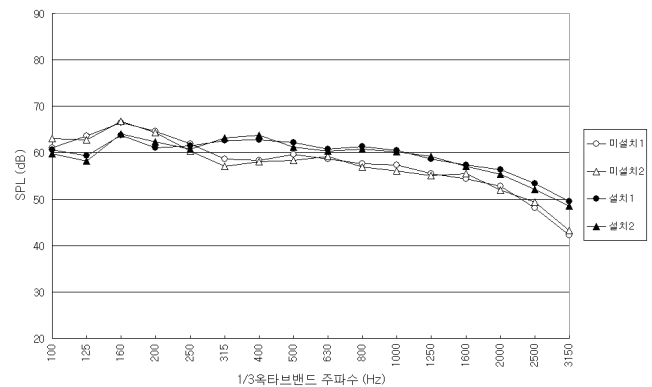


그림 12. 설비 유무간 경량충격음 차단성능 비교(거실)

이상의 그림은 표준경량충격원을 이용하여 안방과 거실에서 스프링클러 설비가 설치되어있는 구조와 설치되어 있지 않은 구조간 바닥충격음 차단성능을 비교한 것이다.

그림에서 알 수 있듯이 500Hz 이상의 대역에서 안방과 거실 모두 스프링클러 설비를 설치한 구조가 바닥충격음 차단성능이 열악하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이러한 이유는 스프링클러 설비를 슬래브와 연결하고 있는 금속성 부재가 충격력에 의해 진동함으로써 발생하는 소음의 결과라 판단된다. 이러한 현상이 경량충격음의 단일지수 평가량을 결정하는 중고주파수 대역에서 발생됨에 따라 저주파수 대역의 성능에 관계없이 전체 단일지수 평가량을 저하시킬 수 있는 불리한 요인으로 작용한다는 사실을 감안하여 볼 때 슬래브하부에 설치되는 스프링클러 설비는 경량충격음 차단에 그다지 효과적이지 못하다

는 것을 알 수 있다. 그러나 이러한 전달 소음을 차단하기 위해서는 슬래브 하부와 스프링클러 설비의 연결부위에 별도의 완충재를 부가한다면 보다 효과적일 것으로 판단된다. 또한 스프링클러가 설치되지 않은 슬래브하부의 공간은 일반적으로 40mm의 공간을 확보하고 있으나 스프링클러 설비가 설치된 세대의 슬래브하부 공간은 배관의 설치등의 이유로 약 200mm의 공간을 확보할 수 있는바 이러한 유향 공간에 경량충격음을 차단할 수 있는 별도의 흡음재 등을 추가한다면 전체적으로 경량충격음 단일수치 평가량을 저감시킬 수 있을 것으로 판단된다.

한편 500Hz 미만의 주파수 대역에서는 안방과 거실에서 각기 다른 특성을 보이고 있는바 이러한 결과는 측정이 실시된 바닥슬래브의 고유진동에 의한 결과라 판단된다.

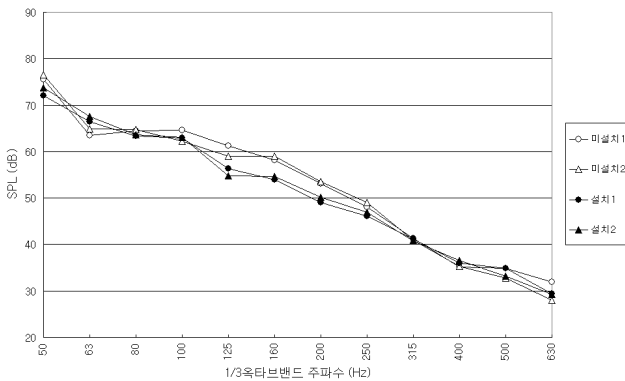


그림 13. 설비 유무간 중량충격음 차단성능 비교(안방)

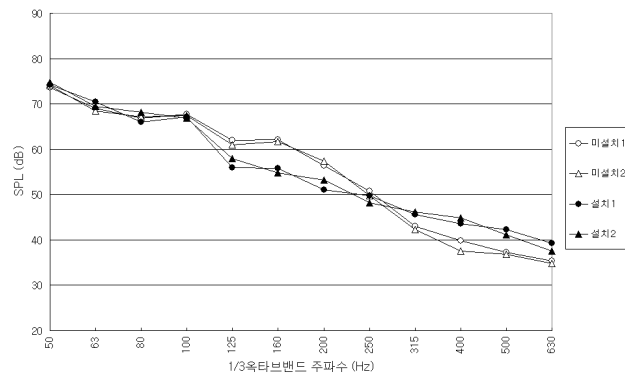


그림 14. 설비 유무간 중량충격음 차단성능 비교(거실)

이상의 그림은 표준중량충격원을 이용하여 안방과 거실에서 스프링클러 설비가 설치되어있는 구조와 설치되어 있지 않은 구조간 바닥충격음 차단성능을 비교한 것이다.

그림에서 알 수 있듯이 안방과 거실에서 동일하게 100Hz ~ 250Hz 대역에서 스프링클러 설비를 설치한 구조가 바닥충격음 차단성능에 효과적인 것으로 평가되었다. 이러한 결과는 1/1 옥타브밴드 대역으로 평가할 경우 중량충격음 단일수치 평가량을 결정하는데 많은 영향을 미치고 있는 125Hz 대역을 포함하는 것을 감안할 때 주목할 만한 결과라고 판단된다. 이러한 결과는 슬래브하부

구조의 공간에 의한 효과라고 판단되는데 일반적으로 스프링클러 설비를 설치하지 않은 구조는 슬래브 하부구조의 공간이 40mm인 반면에 스프링클러 설비를 설치한 구조는 약 200mm의 공간을 갖는바 이러한 차이가 일부 주파수 대역에서 바닥충격음을 차단하는데 효과적인 것으로 나타났다. 이러한 결과는 경량충격원에 의한 차단성능의 결과에서도 유사하게 나타나고 있는바 이러한 특성을 적절히 활용한다면 중량충격음의 차단성능을 제어할 수 있을 것으로 판단된다.

한편 250Hz 이상의 대역에서는 안방의 경우 두 구조가 유사한 특성을 보이고 있는 반면에 거실에서는 스프링클러 설비를 설치한 구조가 오히려 낮은 차단성능을 보이고 있으나 이러한 결과는 구조적인 특성으로 판단되며 단일수치평가량에 영향을 주지 못하기 때문에 유의할 사항은 아닌 것으로 판단된다. 또한 중량충격음의 단일수치평가량에 대부분의 영향을 미치고 있는 63Hz 대역에서는 두 구조가 유사한 특성을 보이고 있어 스프링클러 설비를 설치하는 것이 절대적으로 중량충격음 차단성능에 효과적인 것은 아닌 것으로 판단할 수 있다. 그러나 경량충격음의 경우와 마찬가지로, 이러한 슬래브 하부구조가 갖는 공간을 효과적으로 활용한다면 전체적인 바닥충격음 저감에 다소나마 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

4.4 실험대상구조의 단일평가지수 비교

이상과 같이 KS F 2810-1,2에 의해 측정된 결과를 바닥충격음 차단성능 평가방법인 KS F 2863-1,2(건물 및 건물부재의 바닥충격음 차단성능 평가방법)에 의해 평가된 실험대상구조의 경량 및 중량충격음 단일수치 평가량은 아래의 표와 같다.

표 2. 실험대상구조의 단일수치 평가량 (dB)

구분	$L'_{n,AW}$		$L'_{n,Fmax,AW,H}$		
	안방	거실	안방	거실	
설비	1	54	55	50	51
미설치	2	55	54	51	52
설비	3	56	57	49	50
설치	4	56	56	48	50

* $L'_{n,AW}$: 표준경량충격원에 의한 역A특성 가중규준화 바닥충격음 레벨

* $L'_{n,Fmax,AW,H}$: 표준중량충격원에 의한 역A특성 가중규준화 바닥충격음 레벨

이상의 표로부터 알 수 있듯이 경량충격음의 경우 스프링클러 설비를 설치하지 않은 구조가 설치한 구조에 비해 약 1~3dB 정도 양호한 결과를 보이고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과는 상부로부터 전달되는 충격력이 스프링클러 설비의 금속성 부재에 전달되어 진동함으로써 나타난 것이라 판단된다.

한편 중량충격음의 경우는 경량충격음의 결과와 상반되게 스프링클러 설비를 설치한 구조가 설치하지 않은 구조에 비해 약 1~3dB 양호하게 평가되고 있다. 이러한

결과는 슬래브 하부구조의 공간에 의한 효과로서 단일수치 평가량을 결정하는 주요 주파수 대역(63Hz, 125Hz)에서 충격음을 적절히 차단한 결과라 판단된다. 특히 경량충격음의 경우와 달리, 스프링클러 설비를 설치하기 위한 슬래브 하부구조에 적절한 공간을 확보하는 것이 중량충격음 저감에 효과적이라는 결과에 주목할 필요가 있다.

5. 결론

본 연구는 기존의 공동주택 슬래브하부구조(천장)의 공간이 40mm이던 것이 소방설비(스프링클러)배관이 천장에 시공되어 그 공간이 170mm ~ 200mm까지 증대됨에 따라 이러한 공간에 의한 바닥충격음 차단성능의 변화를 파악하고자 하였으며 본 연구의 결과는 다음과 같다.

1) 경량충격음의 경우, 500Hz 이상의 대역에서 안방과 거실 모두 스프링클러 설비를 설치한 구조가 바닥충격음 차단성능이 열악하게 나타나고 있으며 이러한 이유는 스프링클러 설비를 슬래브와 연결하고 있는 금속성 부재가 충격력에 의해 진동함으로서 발생하는 소음의 결과라 판단된다. 이러한 현상이 경량충격음의 단일수치 평가량을 결정하는 중고주파수 대역에서 발생됨에 따라 저주파수 대역의 성능에 관계없이 전체 단일수치 평가량을 저하시킬 수 있는 불리한 요인으로 작용한다는 사실을 감안하여 볼 때 슬래브하부에 설치되는 스프링클러 설비는 경량충격음 차단에 그다지 효과적이지 못하나 이러한 전달 소음을 차단하기 위해서는 슬래브 하부와 스프링클러 설비의 연결부위에 별도의 완충재를 부가하거나, 확보된 공간에 경량충격음을 차단할 수 있는 별도의 흡음재 등을 추가한다면 전체적으로 경량충격음 단일수치 평가량을 저감시킬 수 있을 것으로 판단된다.

2) 중량충격음의 경우, 63Hz 대역에서는 두 구조가 유사한 특성을 보이고 있으나 100Hz ~ 250Hz 대역에서 스프링클러 설비를 설치하기 위해 확보된 슬래브하부구조의 공간(스프링클러 설비를 설치하지 않는 구조는 40mm인 반면에 스프링클러 설비를 설치한 구조는 약 200mm의 공간을 갖는다)에 의해 바닥충격음 차단성능에 효과적인 것으로 평가되었다. 이러한 결과는 1/1 옥타브 밴드 대역으로 평가할 경우 중량충격음 단일수치 평가량을 결정하는데 많은 영향을 미치고 있는 125Hz 대역을 포함하는 것을 감안할 때 주목할 만한 결과라고 판단된다. 이러한 결과는 경량충격음에 의한 차단성능의 결과에서도 유사하게 나타나고 있는바 이러한 특성을 적절히 활용한다면 중량충격음의 차단성능을 제어할 수 있을 것으로 판단된다.

3) 실험대상구조의 바닥충격음 차단성능을 단일수치 평가량으로 비교하여 볼 때, 경량충격음의 경우와 달리 중량충격음에서 스프링클러 설비를 설치한 구조가 설치하지 않은 구조에 비해 약 1 ~ 3dB 양호하게 평가되고 있는바 이러한 결과는 슬래브 하부구조의 공간에 의한 효

과로서 단일수치 평가량을 결정하는 주요 주파수 대역(63Hz, 125Hz)에서 충격음을 적절히 차단한 결과라 판단된다. 따라서 스프링클러 설비를 설치하기 위한 슬래브 하부구조에 적절한 공간을 확보하는 것이 중량충격음 저감에 효과적이다.

참고문헌

1. 건설교통부, 공동주택 바닥충격음 완화를 위한 표준바닥구조의 설계. 시공기술 및 활용방안, 2004
2. 기술표준원, 건축물 음환경분야 표준화 연구 II, 2001.
3. 기술표준원, 건축물 음환경분야 표준화 연구 III, 2002.
4. 기노갑, "청감실험에 의한 공동주택 바닥충격음 차단성능 등급설정에 관한 연구", 박사학위논문, 2005. 2
5. 정환옥, "공동주택 천장공법별 바닥충격음 저감효과에 관한 연구", 박사학위논문, 2004. 2
6. 김준엽, "바닥슬래브 하부구조의 개선을 통한 차음특성 변화에 관한 실험적연구", 석사학위논문, 2001. 2