

# 모델 실험체를 이용한 공동주택 바닥충격음 저감에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Reduction of Floor Impact Sound in Apartment Houses by using Model Test

김 항\* · 기 노 갑\*\* · 박 현 구\*\*\* · 송 민 정\*\*\* · 김 선 우\*\*\*\*

Hang Kim, No-Gab Gi, Hyeon-Ku Park, Min-Jeong Song and Sun-Woo Kim

Key Words : Rahmen Structure(라멘구조), Floor Impact Sound(바닥충격음), Heavy-impact Noise(중량충격음)

### ABSTRACT

This aim of this study is an experimental study to introduce the Reduction method of Floor Impact Sound in Apartment Houses by using Model Test, We are measured the floor impact sound in Rahamen and Apartment with Shear Wall and Post-tensioning. There is comparison between Rahmen Structure and Apartment with Shear Wall. The main results from this study are effective in reduction of heavt-weight The slab was constructed by rahamen structure. Heavy-weight can reduced by upgrading natural frequency of floor impact sound in rahamen structure.

### 1. 서 론

현재 국내 주거의 대표적 형식인 공동주택은 이웃과 벽과 바닥을 공유하여야 하는 특수성 때문에 이웃에서 발생하는 아이들 뛰노는 소리, 걷는 소리, 발자국 소리 등 바닥충격음 계통의 소음이 입주자의 불만을 유발하여 소음이 주거 성능을 결정하는 가장 중요한 인자로 등장하게 되었다.

그 동안 바닥충격음 문제는 소음에 대해 민감한 일부 거주자의 문제로 생각하거나 거주형태상 발생할 수밖에 없는 문제로 돌리기도 하였다. 그러나 최근 공동주택에서의 바닥충격음문제가 대부분의 언론에서 다룰 정도로 사회적 문제로 급격히 부상함에 따라 거주자의 요구를 반영한 공동주택의 바닥에 대한 충격음 차단성능대책을 수립할 필요가 있게 되었다.

공동주택에서의 바닥충격음 문제가 사회문제로 대두되면서 건설교통부에서는 바닥충격음 문제를 해결하기 위한 방편으로 '주택건설기준 등에 관한 규정 제 14조 제 3항'의 규정(공동주택의 바닥은 각 층간의 바닥충격음을 충분히 차단할 수 있는 구조로 하여야 한다)을 구체적인 성능기준

(중량충격음 : 50dB이하, 경량충격음 : 58dB 이하)과 표준시방기준(성능기준을 만족시킬 수 있는 대표적인 바닥구조)으로 구분하여 개정을 추진하였으며 2004년 4월부터 발효될 예정이었으나 경량충격음에 대한 기준만 예정대로 시행되고 중량충격음에 관한 기준은 관련 연구 및 관계 단체의 의견 수렴 등을 토대로 내년 즉 2005년 7월경에나 발효될 예정이다(건교부 보도자료: 「주택건설등에 관한규정」 개정안 입법예고).

이와같은 바닥충격음에 대한 대책으로 국내 바닥 구조는 80년대에 120mm의 슬래브를 일반적으로 많이 사용하였으나, 90년대에는 대형 평형 공동주택을 중심으로 130mm~150mm의 바닥 슬래브를 사용하였고 최근에는 180mm 이상으로 늘리려는 움직임이 있다. 이는 바닥 구조체의 두께를 늘리는 것이 바닥의 면밀도와 강성을 동시에 높이게 되어 바닥충격음 저감효과가 크기 때문이다.

그런데, 구조체의 중량을 증가시키거나 강성을 높임으로써 충격음의 저감효과를 얻을 수 있으나, 건축 공사비의 약 80%이상이 구조체 골조 공사비용임을 감안할 때 180mm 이상의 바닥 슬래브를 사용하는 것은 구조하중의 증가, 공사기간 연장 등의 부수적인 문제가 발생할 수 있다.

즉, 공동주택에서 바닥충격 소음·진동의 효율적인 저감대책을 수립하기 위해서는 고체전달음의 발생원 부분, 소음·진동 투과 및 전달 부분, 음방사 부분에서 소음과 진동을 동시에 제어하여야 한다. 특히, 경량충격음에 대해서는 적절한 차음구조를 통해 효과적인 차음대책이 가능한 반면, 중량충격음은 바닥판의 진동으로부터 기인하는 저주파 성

\* 정회원, 전남대학교 대학원 석사과정

E-mail : hihang@cricmil.net

Tel : (062) 530-0789, Fax : (062) 530-0780

\*\* 정회원, 전남대학교 대학원 박사수료

\*\*\* 정회원, 전남대학교 공업기술연구소, 공학박사

\*\*\*\* 정회원, 전남대학교 건축학부, 공학박사

분으로서 차음재의 사용만으로는 한계가 있으며, 그 근본 원인인 진동에 대한 저감대책이 필수적이다.

그런데, 바닥판의 두께를 증가시켜 구조물의 진동을 줄이는 고전적인 접근방법은 앞서 언급한 바와 같이 그 성능 및 비용적인 측면에 한계가 있기 때문에 본 연구에서는 공동주택에서 가장 문제가 되는 중량충격음을 제어하기 위하여 건축구조에 따른 충격음의 변화를 파악하고 슬래브의 두께를 증가시키지 않고서 충격음을 제어할 수 있는 방법을 중심으로 거주자에게 쾌적한 생활공간을 제공할 수 있는 바닥구조를 제안하기 위해서 라멘구조와 일반벽식 그리고 포스트텐서닝 구조의 바닥충격음을 측정 비교 평가하였다.

## 2. 실험 대상 및 바닥충격음 차단성능 측정 방법

### 2.1 실험 대상

실험대상 바닥구조의 바닥충격음 차음성능 정도를 판단하기 위하여 기둥과 보를 갖는 라멘조와 일반벽식구조 및 일반벽식에 포스트텐션을 적용한 3개 구조에서 실험을 실시하였다.

Table 1. 실험대상구조

구분	구조명	슬래브 두께	수음실크기
1	모멘트골조(라멘조)	150mm	4M(L) × 3M(W)×1.5M(D)
2	벽식구조		
3	벽식구조(텐션추가)		

#### (1) 벽식구조와 모멘트골조(라멘조) 실험체 축조

벽식 구조체와 모멘트 골조의 차음성능 특성의 차이를 알기 위해 각각의 실험체를 제작하였다. 이는 벽식구조의 한계를 현장 실험 등을 통하여 확인하였기 때문에 구조형식이 다른 라멘조 형식의 구조물에 대한 충격음 실험을 실시하고자 제작한 것이다. 실험체 제작의 시공방법은 일반적인 공동주택 건설방법과 동일하게 실시하였다.

#### (2) 포스트텐서닝 슬래브 실험체 축조

일반 벽식 구조체에 대한 포스트 텐서닝의 효과를 파악하기 위해 포스트텐션이 적용되었다.

일반 철근은 일반 벽식 구조체와 동일하게 배근되었다. 실험체에 적용된 포스트텐서닝시스템은 비부착식 모노스트랜드로서 경간에 비해 두께가 얇은 슬래브에 많이 적용된다. 콘크리트의 압축강도는 콘크리트가 먼저 국부적으로 파괴되는 것을 막기 위해 일반적으로 아파트의 경우 240kg/cm<sup>2</sup>를 많이 사용하는 것에 비해 강도가 1단계 높은 270kg/cm<sup>2</sup> 강도를 사용하였다.

슬래브에 적용되는 상향력은 일반적으로 슬래브의 고정

하중에 의해 생기는 모멘트를 상쇄하는 정도로 도입되며 본 실험에서는 비탄성해석에서 얻은 결과치를 토대로 산정하였다.

### 2.2 바닥충격음 차단성능 측정 방법

실험은 KS F 2810-2 : 2001 (바닥충격음 차단성능 현장 측정방법)에 준하여 실시하였으며 측정결과를 평가하기 위한 수단인 표준화 바닥충격음 레벨을 산출하기 위하여 실험이 실시된 각각의 수음실 잔향시간을 측정하였다. 한편, 실험에 사용된 측정기기는 다음과 같다.

- Microphones and Pre-amplifiers (RION)
- 2ch 1/3 Octave Band Real Time Analyser (RION SA-30)
- Personal Computer (IBM compatible)
- Bang Machine (일본 Satsuki kizae, RM)
- Symphonie (01dB)

또한, 충격원의 가진점과 수음실의 수음점 위치는 KS에 정하는 방법에 의하여 가진하고 수음하였으며 각각의 위치는 Fig 1와 같다.

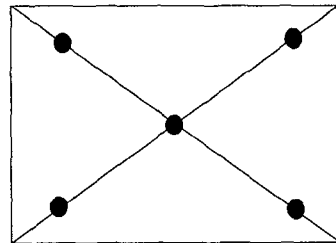


Fig 1. 가진점과 수음점 위치

## 3. 결과 및 분석

### 3.1 바닥충격음 차음성능 특성

#### (1) 모멘트골조와 일반벽식구조의 차음성능 특성

실험대상구조에서 표준중량충격원에 대한 각 구조의 차음성능을 나타낸 그래프는 Fig 2와 같다.

Fig 2에서 알 수 있듯이 벽과 기둥을 갖는 모멘트골조가 현재 국내의 일반적인 건축방식인 벽식구조에 비하여 바닥충격음 차단성능이 측정주파수 전 대역에서 양호한 차음성능을 보이고 있음을 알 수 있다.

특히 중량충격음의 차단성능을 결정하는 저주파수 대역에서 대단히 우수한 특성을 보이고 있어 이는 모멘트골조의 벽과 기둥이 상부의 슬래브 진동을 억제하여 충격음이 전달되는 것을 효과적으로 제어하고 있음을 알 수 있다.

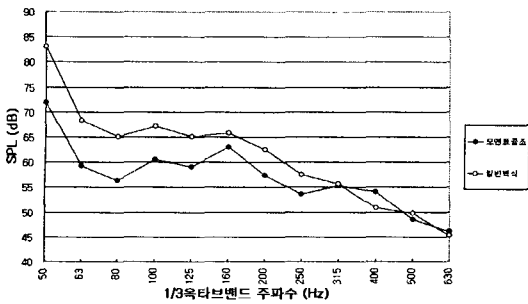


Fig 2. 모멘트골조와 일반벽식구조의 차음성능 특성

(2) 일반벽식구조와 텐션구조의 차음성능 특성

다음은 현재 국내의 일반적인 건축방식인 벽식구조와 이러한 구조에 포스트텐션을 한 구조에 대하여 각각의 바닥충격을 차단성능을 비교하여 보았다.

벽식구조에서는 장기변형으로 인하여 슬래브의 처짐이 발생할 수 있고 특히 소음진동으로 발생하는 상하층간의 문제점이 심각한 사회문제로 대두될 수 있어 이러한 문제점을 해결하고자 슬래브의 두께를 증가시키지 않고서도 강성을 부가할 수 있는 구조로 판단하여 포스트텐션을 적용하였던 것이다.

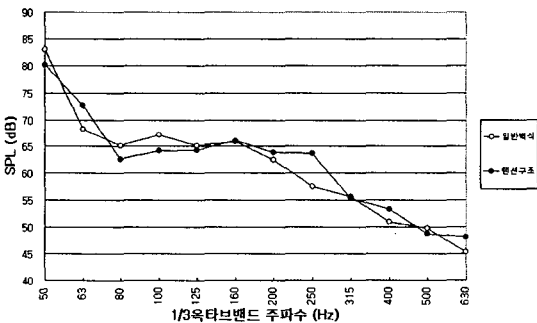


Fig 3. 일반벽식구조와 텐션구조의 차음성능 특성

그러나 Fig 3 에서 알 수 있듯이 벽식구조와 포스트텐션 구조가 측정주파수 전 대역에서 유사한 바닥충격음 차음성능을 보이고 있음을 알 수 있다.

이러한 결과로 알 수 있듯이 현재 대표적으로 시공되고 있는 벽식구조에 강선을 이용한 포스트텐션을 실시하는 것은 그다지 효과적이지 못함을 알 수 있다.

(3) 모멘트골조와 텐션구조의 차음성능 특성

다음은 벽식구조에 기둥과 보를 추가한 모멘트골조와 포스트텐션을 한 구조에 대하여 각각의 바닥충격음 차단성능을 비교하여 보았다.

최근 국내의 공동주택은 90% 이상이 벽식구조를 채택하고 있어 상부에서 전달되는 충격음으로 인하여 상하층간에 소

음으로 인한 문제점이 야기되고 있다는 것은 주지의 사실이다.

따라서 이러한 문제점을 해결하고자 건축구조의 변화를 통한 충격음제어를 목적으로 벽과 기둥을 갖는 모멘트골조 및 벽식구조에 강선을 추가한 포스트텐션구조를 축조하여 이들을 현재의 벽식구조와 비교함으로써 중량충격음에 효과적인 구조를 제안하고자 하였다.

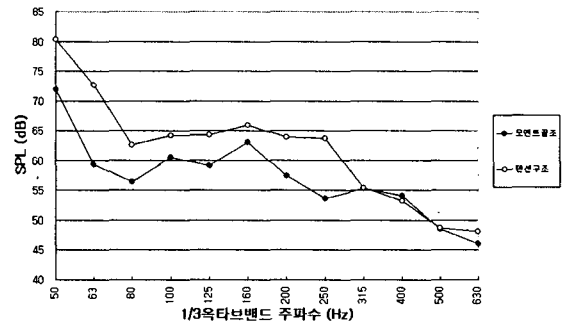


Fig 4. 모멘트골조와 텐션구조의 차음성능 특성

Fig 4에서 알 수 있듯이 모멘트골조구조가 포스트텐션 구조에 비하여 측정주파수 전 대역에서 유사한 바닥충격음 차음성능을 보이고 있음을 알 수 있다.

이러한 결과로 알 수 있듯이 중량충격음을 차단하기 위한 구조는 모멘트골조를 채택하는 것이 가장 효과적인 것을 알 수 있다.

한편, 이러한 결과를 전체적으로 나타내 보면 아래의 Fig 4

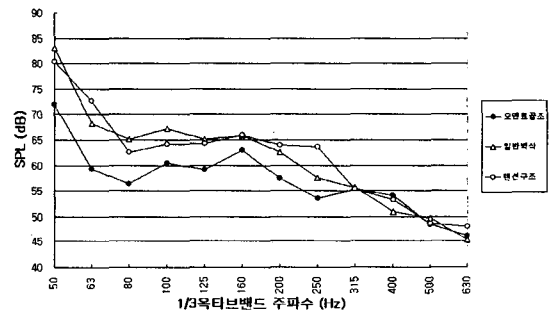


Fig 4. 실험대상구조의 차음성능 특성

에서 알 수 있듯이 벽과 기둥을 갖는 모멘트골조(라멘조)가 전체 측정주파수 대역에서 고르게 양호한 특성을 보이고 있어 공동주택에서 발생할 수 있는 바닥충격음을 저감하기에 가장 유리한 구조임을 알 수 있다.

3.2 실험대상구조의 단일수치 평가량

이상의 실험결과를 바탕으로 각각의 구조 특성을 단일수치 평가량으로 나타내었으며 그 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. 실험대상구조의 단일수치 평가량

구분	구조명	수용실크기	중량충격음 ( $L'_{n, Fmax, AW, H}$ )
1	모멘트골조 (라멘조)	4M(L) × 3M(W)×1. 5M(D)	53
2	벽식구조		58
3	벽식구조 (텐션추가)		58

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

이상의 Table 2에서 알 수 있듯이 실험대상구조의 표준중량충격원에 의한 역A특성 가중규준화 바닥충격음 레벨은 벽과 기둥을 갖는 모멘트골조(라멘조)가  $L'_{n, Fmax, AW, H}$  53으로 가장 우수하게 나타나고 있음을 알 수 있어 향후 공동주택에서 상하층간에 발생하는 바닥충격음을 저감하기에 가장 합당한 구조로 판단된다.

또한 모멘트골조 구조는 최근 공동주택 내부를 개조하는 리-모델링의 필요성이 대두되고 있는 상황에 비추어 볼 때 어떠한 경우에도 벽식구조가 갖는 한계에 관계없이 적절히 대응할 있는 구조로 판단되어 향후 이러한 구조에 대한 연구가 더욱 진행되어야 할 것으로 판단된다

#### 4. 결론

공동주택에서 바닥충격음의 차음 저감 대책을 수립하기 위해서는 고체전달음의 발생원 부분, 소음·진동 투과 및 전달 부분, 음방사 부분에서 소음과 진동을 동시에 제어하여야 한다. 특히, 경량충격음에 대해서는 적절한 차음구조를 통해 효과적인 차음대책이 가능한 반면, 중량충격음은 바닥판의 진동으로부터 기인하는 저주파 성분으로서 차음재의 사용만으로는 한계가 있으며, 그 근본 원인인 진동에 대한 저감대책이 필수적이다.

그런데, 바닥판의 두께를 증가시켜 구조물의 진동을 줄이는 고전적인 접근방법은 앞서 언급한 바와 같이 그 성능 및 비용적인 측면에 한계가 있기 때문에 본 연구에서는 공동주택에서 가장 문제가 되는 중량충격음을 제어하기 위하여 건축구조에 따른 충격음의 변화를 파악하고 슬래브의

두께를 증가시키지 않고서 충격음을 제어할 수 있는 방법을 중심으로 거주자에게 쾌적한 생활공간을 제공할 수 있는 바닥충격음 저감구조를 제안하고 이를 비교 평가하고자 하였다.

본 연구를 통하여 도출된 결론은 다음과 같다.

1. 벽과 기둥을 갖는 모멘트골조가 현재 국내의 일반적인 건축방식인 벽식구조에 비하여 바닥충격음 차단성능이 측정주파수 전 대역에서 양호한 차음성능을 보이고 있음을 알 수 있다.  
특히 중량충격음의 차단성능을 결정하는 저주파수 대역에서 대단히 우수한 특성을 보이고 있어 이는 모멘트골조의 벽과 기둥이 상부의 슬래브 진동을 억제하여 충격음이 전달되는 것을 효과적으로 제어하기 때문으로 판단된다.
2. 슬래브의 두께를 증가시키지 않고서도 강성을 부가할 수 있는 구조로 포스트텐션을 적용하였으나 측정주파수 전 대역에서 유사한 바닥충격음 차음성능을 보이고 있어 포스트텐션을 실시하는 것은 그다지 효과적이지 못함을 알 수 있다.
3. 벽과 기둥을 갖는 모멘트골조(라멘조)가 공동주택에서 발생할 수 있는 바닥충격음을 저감하기에 가장 유리한 건축구조임을 알 수 있다.

또한 모멘트골조 구조는 최근 공동주택 내부를 개조하는 리-모델링의 필요성이 대두되고 있는 상황에 비추어 볼 때 어떠한 경우에도 벽식구조가 갖는 한계에 관계없이 적절히 대응할 있는 구조로 판단되어 향후 이러한 구조에 대한 연구가 더욱 진행되어야 할 것으로 사료된다.

#### 참 고 문 헌

1. 김선우, 공동주택 바닥충격음 차음성능 평가에 관한 연구, 서울대학교 박사학위논문, 1989.8.
2. 공동주택의 내부소음 기준설정에 관한 연구, 주택연구자료 건연 86-050, 대한주택공사, (1986.12)
3. 공동주택 바닥충격음 저감방안에 관한 실험연구, 주택연구자료 87-059, 대한주택공사, (1987.12)
4. 송민정, 축소실험실을 이용한 경량충격음 차음성능 예측에 관한 실험적 연구 전남대학교 박사학위논문, 2000.2