

공동주택 바닥충격음의 차음성능 평가

Evaluation of Floor-Impact Sound Insulation for Apartment Buildings

윤세철* · 오종민**

Se Cheol Youn and Jong Min Oh

Key Words : Floor-Impact Sound(바닥충격음), Light-Impact Sound(경량충격음), Heavy-Impact Sound(중량충격음)

ABSTRACT

In apartment buildings, floor-impact sound has been regarded as the major source which induces complaints from residents. It is mainly due to the use of light-weight structures. The vibration produced by impact on one part of an apartment building would travel as far as the other parts of structure with a little alleviation. As a result, the impact sound from upstairs has been regarded as a main source of noise causing discontentment among occupants. This study was carried out to measure the floor-impact sound levels and evaluate the insulation performance of floor-impact sound for seven apartment buildings. The floor-impact sound levels were measured for seventeen On-dol floor structures and various factors which influence the floor-impact sound were analyzed.

1. 서 론

1980년대부터 본격적으로 보급된 공동주택은 이제 그 수요가 더욱 증가되어 양산화의 체제로 돌입하게 되었고, 그 결과 공동주택은 고층화, 고밀도화 되어 구조계획의 합리화와 원가절감을 위해 벽체 및 바닥의 두께는 얇아지고 경량화된 재료를 채택하는 성향이 높아져 왔다. 이에 반하여 국민소득 수준의 향상과 가치관의 다양화로 생활의 질적 수준을 향상시키는 욕구와 쾌적한 주거환경에 대한 요구가 증대되면서 공동주택에서 발생하는 소음은 거주자들에게 쾌적한 주거환경에 대한 요구와 상반되어 심각한 문제로 대두되고 있는 실정이다. 우리나라의 공동주택은 콘크리트로 이루어진 온돌 바닥구조로서 벽체 및 바닥이 서로 연결되어 콘크리트면에 충격이 가하여질 때 발생하는 고체전달음이 콘크리트 자체의 진동감쇠능력의 부족으로 아래층에 쉽게 전달되는 특성을 가지고 있다. 공동주택에서의 이러한 고체전달음은 위층에서 뛰는소리, 물건 떨어뜨리는 소리, 의자 끄는소리 등으로 빈번히 거주자의 귀를 거슬리게 한다. 따라서, 바닥충격음의 차음성능의 확보는 거주자에게 쾌적한 공간을 제공해 준다는 측면에서 매우 중요하나, 현행 공동주택 바닥구조의 특성을 고려할 때 바닥충격음의

문제를 근본적으로 해결하는 데는 많은 어려움이 있다.

한편, 중앙환경분쟁조정위원회가 2003년 4월 “아파트 층간소음이 부실시공 때문이라면 시공사가 주민 피해를 배상해야 한다”는 유권해석을 내린 이후 아파트 층간소음을 호소하는 민원이 크게 제기되고 있는 실정이다.

또한, 건설교통부는 2003년 4월 22일 바닥충격음 기준을 경량충격음(비교적 가볍고 딱딱한 충격에 의한 바닥충격음)은 58dB이하, 중량충격음(비교적 무겁고 부드러운 충격에 의한 바닥충격음)은 50dB이하로 규정한 ‘주택건설 기준 등에 관한 규정’을 개정 공포하였으며, 개정규정은 공포후 1년이 경과할 날로부터 아파트 신축 사업계획 승인을 신청하는 아파트에 대해서 의무적으로 바닥충격음 기준을 적용하도록 하였다.

따라서, 본 연구에서는 현재 신축공사 중이거나 거주자가 입주해 있는 공동주택을 대상으로 바닥충격음의 발생실태를 조사하여 바닥충격음에 미치는 영향요인을 분석함으로써 공동주택 바닥충격음 저감을 위한 최적의 차음설계를 도출하기 위한 기본자료로 활용하고자 하는데 그 목적이 있다.

2. 바닥충격음의 개요

바닥충격음은 공동주택 바닥구조체의 어느 한지점에 충격을 가하게 되면 고체진동이 콘크리트 슬래브 및 벽체 등을 통해 전달되는 고체전달음으로 그 전달량은 충격원의 충격

* 경원전문대학 환경과학과
E-mail : ysche@kwc.ac.kr
Tel : (031) 750-8833, Fax : (031) 750-8838
** 경희대학교 환경응용화학학과 환경공학 전공

력 특성, 바닥 및 접합부의 구조 그리고 직하층 공간의 조건에 따라 특성이 달라진다.

바닥충격음의 소음원으로는 작은 물건의 낙하음, 의자의 이동과 같은 경량충격음과 어린이들이 쿵광거리며 뛰 때 발생하는 중량충격음이 있다. 바닥충격음의 평가시 사용되는 바닥충격음레벨이란 음원실에서 표준충격원으로 바닥을 가진 후 실험대상 바닥 직하층의 수음실에서 각 주파수 대역별로 측정된 실내평균 음압레벨을 말한다.

한국산업규격(KS)에서는 바닥구조의 바닥충격음 평가시 경량충격음은 표준화바닥충격음레벨 및 표준화바닥충격음레벨을 다음과 같이 정의하여 사용하고 있으며, 중량충격음은 수음실에서 측정된 최대음압레벨의 평균값을 바닥충격음레벨로 사용하고 있다.

$$L'_n = L_i + 10 \log \frac{A}{A_0}$$

여기서, L'_n : 표준화바닥충격음레벨(dB)

L_i : 수음실의 평균음압레벨(dB)

A : 수음실의 흡음력(m^2)

A_0 : 기준흡음력($10m^2$)

$$L'_{nr} = L_i - 10 \log \frac{T}{T_0}$$

여기서, L'_{nr} : 표준화바닥충격음레벨(dB)

L_i : 수음실의 평균음압레벨(dB)

T : 수음실의 잔향시간(초)

T_0 : 기준잔향시간(0.5초)

3. 측정내용 및 방법

3.1 대상 바닥구조

공동주택 바닥구조의 충격음 차음성능 실태 분석을 위한 현장 측정대상 바닥은 7개 현장에서 17종의 바닥구조를 대상으로 바닥충격음레벨을 측정하였다. A, B현장은 바닥구조 구성층 중 단열완충층이 적용되지 않은 슬래브위에 경량기포콘크리트와 마감물탈 및 바닥마감재로 구성된 구조로 이루어졌으며 세대가 입주된 상태에서 바닥충격음레벨을 측정하였다. C현장은 B현장과 유사한 바닥구조에 완충재로서 페타이머칩 10mm를 적용하였다. 또한, D, E현장은 동일한 평형 및 바닥구조로서 단열재 및 완충재의 설치부위만을 변경시킨 조건에서 측정이 이루어졌다. F, G현장은 mock-up 시공세대로서 각각 동일한 조건에서 완충재의 종류만을 변화시켜 층간 차음재의 성능평가를 위한 목적으로 측정을 실시하였다.

한편, 측정 대상바닥의 슬래브 두께는 평형에 따라 135 ~

160mm, 단열완충층은 10 ~ 20mm, 채움층은 40 ~ 55mm 그리고 마감층은 40 ~ 50mm로 각각 구성되었으며 공동주택의 크기는 23평형 ~ 62평형에 대한 바닥충격음 특성을 검토하였다.

3.2 측정 및 평가방법

(1) 측정방법

바닥충격음은 KS F 2810-A 「바닥충격음 차단성능 현장 측정방법, 제1부 : 표준경량충격원에 의한 방법」에 의하여 경량충격음을 그리고 KS F 2810-2 「바닥충격음 차단성능 현장 측정방법 제2부 : 표준중량충격원에 의한 방법」에 의하여 중량충격음을 측정하였다. 충격원의 설치 위치는 실의 주변벽으로부터 0.5 ~ 1m 정도 떨어진 바닥 평면내로 중앙점 부근 1점을 포함해서 평균적으로 분포하는 5개 지점을 선정하였다.

수음실에서 마이크로폰의 설치 위치는 천장, 주위벽, 바닥면등으로부터 0.5m이상 떨어진 공간내에 서로 0.7m이상 떨어진 5개의 측정점을 공간적으로 균등하게 분포시켰다.

경량충격음은 측정대상 바닥을 표준경량충격원으로 가진하여 수음실에서 측정된 옥타브밴드 중심주파수별 실내 평균음압레벨에 고체음의 우회전달 영향을 포함하는 잔향시간을 고려한 표준화바닥충격음레벨을 산출하였으며, 중량충격음은 표준중량충격원으로 가진하여 수음실에서 측정된 옥타브밴드 중심주파수별 최대음압레벨의 에너지 평균값을 바닥충격음레벨로 하였다.

한편, 잔향시간 측정은 수음실내 1점에 음원 스피커를 설치하고 실내에 균등한 분포가 되도록 5개의 측정점을 설치하여 실시하였다.

(2) 평가방법

바닥충격음의 성능평가는 경량충격음의 경우 KS F 2863-1 「건물 및 건물부재의 바닥충격음 차단성능 평가방법 - 제1부 : 표준경량충격원에 대한 차단성능」, 중량충격음의 경우 KS F 2863-2 「건물 및 건물부재의 바닥충격음 차단성능 평가방법 - 제2부 : 표준중량충격원에 대한 차단성능」에 의하여 실시하였다.

경량충격음은 KS F 2810-1의 방법에 의해 측정된 옥타브밴드 중심주파수 125 ~ 2000Hz의 표준화바닥충격음레벨값에 기준곡선을 이동시켰을 때, 기준곡선의 500Hz에 해당하는 값으로부터 5dB을 뺀값을 단일 수치로 평가하였다.

중량충격음은 KS F 2810-2에 의해 측정된 옥타브밴드 중심주파수 63 ~ 500Hz의 바닥충격음레벨값에 기준곡선을 이동시켰을 때 기준곡선의 500Hz 대역에 있어서의 값을 단

일수치로 평가하였다.

“A” and “B” apartment buildings

4. 측정결과 및 분석

4.1 완충재의 적용유무

(1) 완충재를 적용하지 않은 경우

완충재를 적용하지 않은 세대의 바닥충격음은 세대가 입주해 있는 A현장(49평형, 62평형)과 B현장(24평형, 51평형) 4개세대에서 측정을 하였다. 측정대상 바닥구조는 평형에 따라 슬래브 두께 135 ~ 160mm위에 기포콘크리트(45 ~ 55mm) 그리고 마감물탈(45 ~ 50mm)과 목재마루판(10mm)으로 구성되어 있다.

측정결과 경량충격을 평가항목인 가중표준화바닥충격음레벨($L'_{nT,w}$)은 전반적으로 60 ~ 66dB을 나타내고 있어 기준치인 58dB을 초과하는 것으로 나타났다. 그 중 슬래브 두께가 135 ~ 150mm인 세대에서의 주파수별 특성은 125Hz와 250Hz 대역에서 높은 바닥충격음레벨을 나타내고 있었으며, 슬래브 두께가 160mm인 세대에서는 125 ~ 1kHz 범위에서 대체로 평탄한 특성을 나타내었다. 한편, 중량충격을 평가항목인 역A특성가중바닥충격음레벨($L_{i,Fmax,AW}$)은 전반적으로 52 ~ 57dB로서 기준치인 50dB을 초과하는 것으로 나타났다. 주파수별 특성으로는 중심주파수 63Hz에서 상대적으로 높은 79dB 이상을 나타내었으며, 주파수가 증가함에 따라 바닥충격음레벨이 낮아지는 것으로 나타내었다.

(2) 완충재를 적용한 경우

완충재를 적용한 세대에 대한 바닥충격음 측정은 완충재를 적용하지 않은 A-49세대, B-51세대와 바닥구조가 유사한 C현장을 대상으로 하였다. 측정대상 세대(2세대)의 바닥구조는 33평형과 39평형으로서 슬래브 두께 150mm위에 페타이어칩(10mm)을 완충재로 적용하였다.

측정결과 가중표준화바닥충격음레벨은 57 ~ 62dB로서 완충재를 적용하지 않은 세대와 비교해서 약 3dB의 개선효과가 있었으며, 주파수별로는 전 주파수대역에서 고른 감쇠가 있는 것으로 나타났다.

역A특성가중바닥충격음레벨은 49 ~ 51dB로서 완충재를 적용하지 않은 세대보다 약 5dB이상의 개선효과가 있는 것으로 나타났다. 주파수별 특성으로는 125 ~ 250Hz에서의 감쇠량이 다른 주파수 대역보다 높게 나타났다.

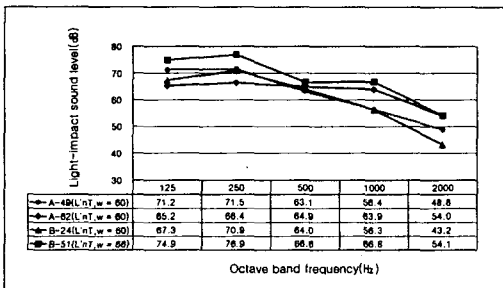


Fig. 1 Light-impact sound levels of “A” and “B” apartment buildings

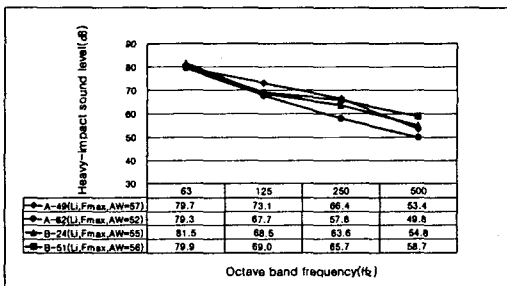


Fig. 2 Heavy-impact sound levels of

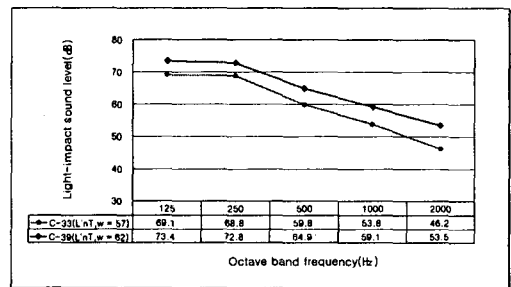


Fig. 3 Light-impact sound levels of “C” apartment building

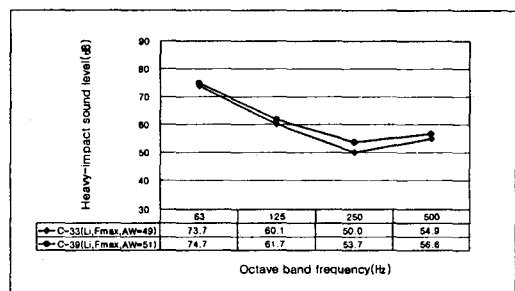


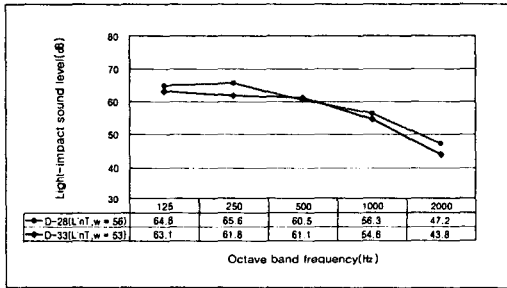
Fig. 4 Heavy-impact sound levels of “C” apartment building

4.2 완충재 설치부위

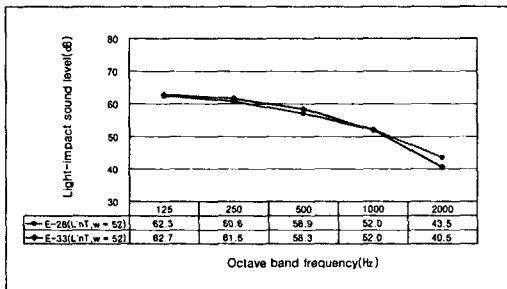
완충재 설치부위에 따른 바닥충격음은 세대가 입주하지 않은 D현장 및 E현장의 28평형과 33평형 4개세대에서 측정을 하였다.

측정대상 바닥구조는 슬래브 두께 135mm(28평형) 및 150mm(33평형) 위에 D현장의 경우 단열재인 스티로폼(20mm)위 페타이어칩(10mm)을 적용하였으며, E현장의 경우 페타이어칩(10mm)위 스티로폼(20mm)을 설치하였다. 그 위에 각각 기포 콘크리트(40mm)와 마감몰탈(40mm) 그리고 장판지로 마감되었다.

측정결과 가중표준화바닥충격음레벨은 슬래브 위에 차음재를 적용한 E현장의 세대가 슬래브 위에 단열재를 적용한 D현장의 세대보다 28평형은 4dB 낮은 52dB, 33평형은 1dB 낮은 52dB을 나타내고 있어, 슬래브 위에 차음재와 단열재의 순으로 시공된 세대에서의 경량충격음 개선효과가 높은 것으로 나타났다. 역A특성가중바닥충격음레벨은 슬래브 두께가 135mm인 28평형의 경우 E현장 세대가 D현장에서 보다 3dB의 높은 감소효과가 있었으며 슬래브 두께가 150mm인 33평형에서는 오히려 2dB 만큼의 효과가 떨어지는 양상을 보이고 있었다.

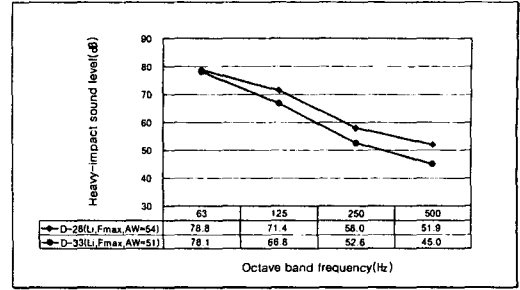


(a) Type "I"

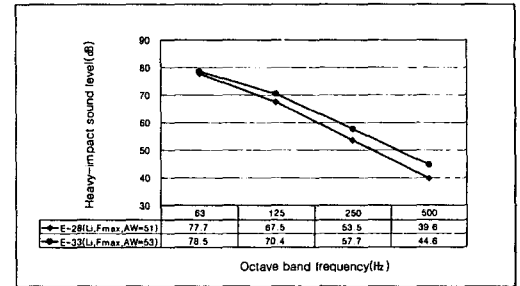


(b) Type "II"

Fig. 5 Light-impact sound levels of "D" and "E" apartment buildings



(b) Type "I"



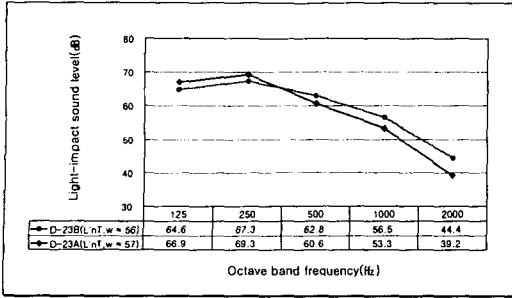
(b) Type "II"

Fig. 6 Heavy-impact sound levels of "D" and "E" apartment buildings

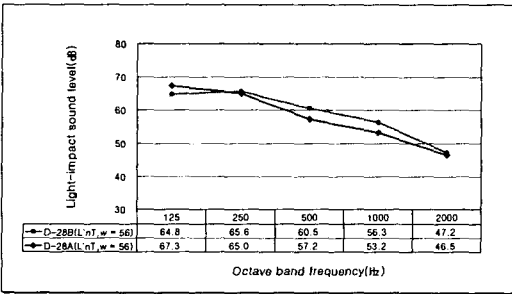
4.3 세대 입주전후

세대 입주전후의 바닥충격음은 D현장의 23평형과 28평형 4개세대에서 측정하였다.

측정결과 가중표준화바닥충격음레벨은 세대가 입주하지 않은 D-23B와 D-28B세대에서 각각 56dB, 세대가 입주한 D-23A, D-28A에서 57dB 및 56dB을 나타내고 있어 입주전후의 경량충격음레벨 변화는 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. 역A특성 가중바닥충격음 레벨은 입주전 세대에서 54dB, 입주후 세대에서 51 ~ 52dB을 나타내고 있어 입주후의 중량충격음레벨은 입주전보다 2 ~ 3dB 감소 되는 것으로 나타났다. 주파수별로는 250Hz ~ 500Hz의 대역에서 감소량이 큰 것으로 나타났다.

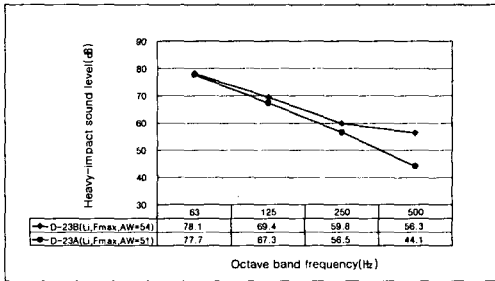


(a) D-23(A,B)

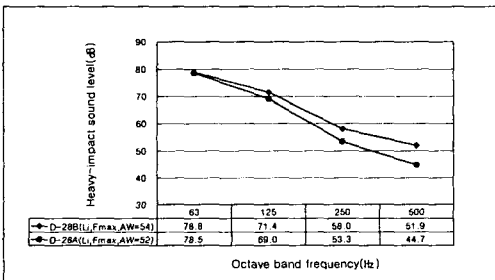


(b) D-28(A,B)

Fig. 7 Light-impact sound levels of "D" and "D" apartment buildings



(a) D-23(A,B)



(b) D-28(A,B)

Fig. 8 Heavy-impact sound levels of "D" and "D" apartment buildings

4.4 완충재의 종류

완충재 종류에 따른 바닥충격음은 mock-up세대인 F현장의 46평형 3개세대에서 측정하였다.

측정대상 바닥구조는 슬래브 두께 150mm위에 완충재(15mm), 기포콘크리트(45mm) 그리고 마감돌(50mm)로 구성되었다. 완충재로는 EVA소재(F-E세대), 유리섬유소재(F-G세대) 및 폴리우레탄소재(F-P세대) 등을 각각 적용하였다.

측정결과 가장표준화바닥충격음레벨은 F-E세대와 F-G세대에서 64dB 그리고 F-P세대에서 68dB로서 충진재 종류별로 0 ~ 4dB의 차이를 나타내고 있었으며, F-P세대의 경우 2kHz대역에서의 감쇠효과가 낮게 나타나 바닥충격음을 상승시키는 요인이 되었다.

역A특성가중바닥충격음레벨은 전반적으로 52 ~ 53dB을 나타내고 있어 완충재 종류에 따른 중량바닥충격음레벨의 차이는 상대적으로 0 ~ 1dB내외로서 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.

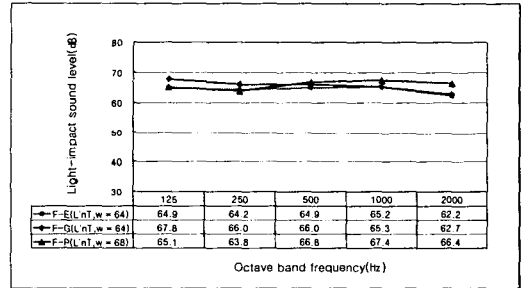


Fig. 9 Light-impact sound levels of "F" apartment building

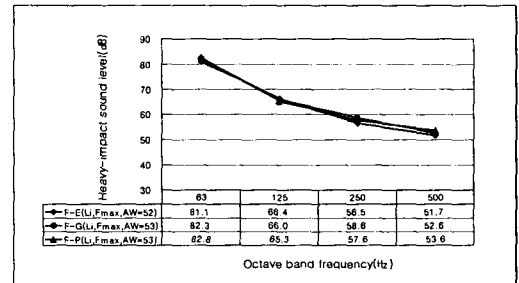


Fig. 10 Heavy-impact sound levels of "F" apartment building

4.5 완충재료의 물의 침투

시공시 완충재의 침수로 인한 바닥충격음 측정은 G현장의 23평형 4개세대를 대상으로 하였다.

측정대상 바닥구조는 슬래브 두께 150mm위에 완충재(유리 섬유소재 : 10, 12, 15, 18mm), 기포콘크리트(50mm) 그리고 마감몰탈(50mm)과 장판지로 구성되었다. 측정결과 가중표준화 바닥충격음레벨은 전반적으로 58 ~ 59dB을 나타내고 있으며, 완충재 두께 증가에 따른 감소효과는 전혀 없는 것으로 나타났다.

역A특성 가중 바닥충격음레벨은 55 ~ 57dB로서 높은 충격음레벨을 나타내고 있었으며, 완충재로의 침수로 인한 영향은 완충재의 두께가 두꺼울수록 충격음레벨이 더 커지는 양상을 보이고 있었다. 또한, 완충재의 침수로 인한 차음성은 경량충격음 보다는 중량충격음에 더 불리한 작용을 하는 것으로 나타났다.

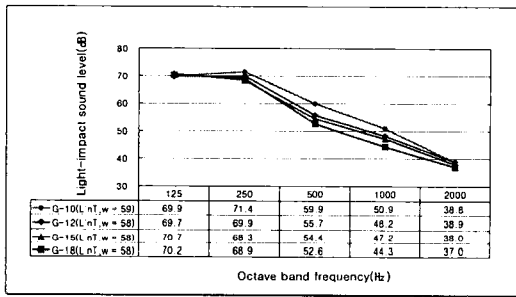


Fig. 11 Light-impact sound levels of "G" apartment building

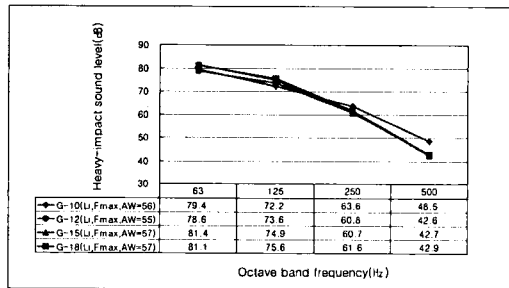


Fig. 12 Heavy-impact sound levels of "G" and apartment building

4. 결 론

본 연구에서는 공동주택 바닥구조의 바닥충격음 차음성능 실태를 분석하기 위하여 신축공사 중이거나 거주자가 입주해 있는 7개 현장 17종의 바닥구조를 대상으로 충격음 실태를 측정, 분석한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

(1) 완충재를 적용하지 않은 세대의 바닥충격음레벨은 경량충격음의 경우 60 ~ 66dB, 중량충격음의 경우 52 ~ 57dB로서 기준치를 각각 2 ~ 6dB, 그리고 2 ~ 7dB 초과하는 것으로 나타났다.

(2) 단열재와 차음재의 설치부위를 변화시켜 측정된 바닥충격음레벨은 슬래브 위에 차음재와 단열재의 순으로 시공된 세대에서 경량충격음에 대한 감소효과가 높은 것으로 나타났으며, 개선효과는 1 ~ 4dB 정도를 나타내었다.

(3) 세대가 입주한후의 바닥충격음레벨은 입주전과 비교해서 경량충격음의 경우는 거의 변화가 없었으나, 중량충격음은 2 ~ 3dB의 감소효과가 있는 것으로 나타났다.

(4) 완충재의 종류에 따른 감소효과는 중량충격음은 상대적으로 0 ~ 1dB의 차이를 나타내고 있었으며, 경량충격음은 종류에 따라 0 ~ 4dB의 차이를 나타내고 있었다.

(5) 시공시 완충재의 침수로 인한 바닥충격음레벨은 경량충격음 보다는 중량충격음에 더욱 불리한 작용을 하는 것으로 나타났으며, 바닥충격음레벨에는 역효과를 가져오는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- (1) Beranek, S. J., 1984, Noise and Vibration Control in Buildings, McGraw-HILL.
- (2) Fahy, E. J., 1993, Sound and structural vibration, Academic Press, London.
- (3) 김명준, 1996, "공동주택 바닥충격음의 부위별 전달 특성평가", 한양대학교대학원 박사학위논문.
- (4) 김홍식 등, 2001, "공동주택 바닥충격음 차단성능 기준설정 연구", 대한주택공사 주택도시연구원
- (5) 김하근 등, 2003, "중량바닥충격음 예측을 위한 진동 전달률 산정연구", 한국소음진동공학회논문집, 한국소음진동공학회, pp. 415~422.