

<논 문>

폐타이어 칩의 바닥충격음 차단성능에 관한 실험적 연구

The Experimental Study on the Impact Sound Insulation Floors due to Waste Tire Chip

양 관 섭* · 이 세 현** · 김 흥 열** · 김 승 민***

Yang, Kwan Seop, Lee, Sae Hyun, Kim, Heung Yeal and Kim, Seung Min

(1998년 11월 16일 접수 : 1999년 4월 27일 심사완료)

Key Words : Apartment Housing(공동주택), Impact Sound Insulation of Floors(바닥충격음 차단성능), Waste Tire(폐 타이어), Floating Floor(뜬바닥)

ABSTRACT

This study aims to present proper thickness of resilient mount and pattern of chips for the improvement of impact sound isolation. To achieve this aim, field tests were performed to evaluate the performance of impact sound isolation of pilot samples using waste tire chips against light and heavy-weight impacter, which samples were installed over concrete slabs of an apartment housing. In this study, the experiments were performed by the impact sound level of floors in KS F 2810 "Method for field measurement of floor impact level". As results, a flooring structure using waste tire chips as a resilient mount, with no relation to chips' types, has enhanced performance by 1~2 degrees in light impact sound isolation, while it has improvement in heavy impact sound isolation. And fiber-type chips have better performance than granule-type ones when they overlaid concrete slab with 15~20 mm of thickness. For the improvement of impact sound isolation, it is recommended that insulating materials should be applied at joints between floating floors and walls, or floating floors and a doorframes, and also waterproof papers should be used for the effective thickness of resilient mount.

1. 서 론

우리나라에서 대부분의 공동주택에 사용되고 있는 콘크리트는 재료의 특성상 무겁고 밀실하기 때문에 동일한 두께의 다른 재료보다 말소리나 TV소리 등 공기를 매체로 전달되는 소음에 대해서는 차단성이

양호하나 콘크리트면에 직접 충격이 가해짐에 따라 발생하는 충격음은 인접세대에 쉽게 전달되는 특성을 가지고 있다. 이러한 특성은 공동주택에 사는 사람이라면 수시로 경험하는 일로서 대표적인 것이 위층에서 뛰는 소리, 물건 떨어뜨리는 소리 등이며 발생빈도가 높지 않더라도 귀에 거슬리는 소음원이다. 이러한 바닥충격음 문제를 해결하기 위해 독일이나 프랑스 등에서는 오래 전부터 뜬바닥(floating floor) 구조를 채용하고 있으며, 이 뜬바닥구조는 슬래브 위에 유리면과 같은 방진용 완충재를 간 후 적절한 방법으로 내장바닥(온돌층)을 구성하여 그 곳에 가

* 정희원, 한국건설기술연구원

** 한국건설기술연구원

*** 삼성물산 건설부문 주택사업부

해지는 충격에너지가 직접 구조체(슬래브)에 전달되지 않도록 하기 위한 것으로서 효과가 매우 좋은 것으로 알려져 있다^(1,2). 최근 우리나라에서도 이와 같은 공법을 이용하여 바닥충격을 줄이기 위한 노력이 대형 건설업체를 중심으로 활발히 이루어지고 있는데, 그 대표적인 것이 페타이어를 칩으로 분쇄하여 바닥충격을 저감용 완충재로 이용하는 노력이다⁽³⁾.

따라서 본 연구에서도 이러한 페타이어 칩을 이용한 시험모델을 아파트 시공현장에 설치하고, 바닥충격음 차단성능을 평가한 후, 바닥충격음 저감에 효과가 있다고 판단되는 적절한 두께와 형태를 제시하는 것이 본 연구의 목적이다.

2. 현장적용 시험방법

2.1 완충재의 개요

본 연구에 사용된 완충재는 페타이어를 분쇄한 것으로서 가로, 세로, 높이가 각각 5 mm이하인 칩과 가로 5 mm이하, 세로 10 mm이하, 높이 0.5~1 mm이하인 칩 등 2가지를 사용하였으며, 이들 칩은 현장에서 접착제로 배합한 후, 곧바로 타설하는 것으로 하였다. 그리고 완충재 종류를 구분하기 위하여 칩의 형태에 따라 전자를 그레놀형, 후자를 파이버형으로 정의하였다.

2.2 시험모델 선정조건

(1) 페타이어 칩의 형태

페타이어 칩의 형태는 모양이 비교적 원형에 가까운 그레놀형과 길이가 긴 파이버형으로 나눌 수 있으며, 이들 형태에 따라서도 충격음 차단성능이 달라질 것으로 판단된다. 따라서 이들 두 가지 종류에 대한 충격음 차단성능을 비교하고, 적절한 형태를 제시하고자 두 가지 형태 모두 시험모델로 선정하였다.

(2) 완충재의 두께

완충재의 두께에 따른 충격음 차단효과를 비교하여 적절한 두께를 제시하고자 그레놀형과 파이버형 두 가지 모두 10 mm, 15 mm, 20 mm, 30 mm 등 4가지 두께로 시험모델을 구성하였다. 여기에서 두께를 10 mm~30 mm로 한정된 것은 완충재의 설치효과, 경제성과 균열 등 온돌층(뜨바닥층)의 하자 발생 가능성 등을 고려한 것이다.

(3) 방수지 유무

현재 우리나라 대부분의 아파트 공사현장에서는 온돌층을 구성할 때, 법적 단열성능 확보, 수평면 잠기 등을 위해 경량기포 콘크리트가 사용되고 있다. 이러한 경량기포 콘크리트는 기존의 공법에서는 문제가 없으나 바닥충격음 저감을 목적으로 설치하는 완충재 위에 직접 타설될 경우, 경량기포 콘크리트가 완충재 내부까지 침투함으로써 본래의 목적을 달

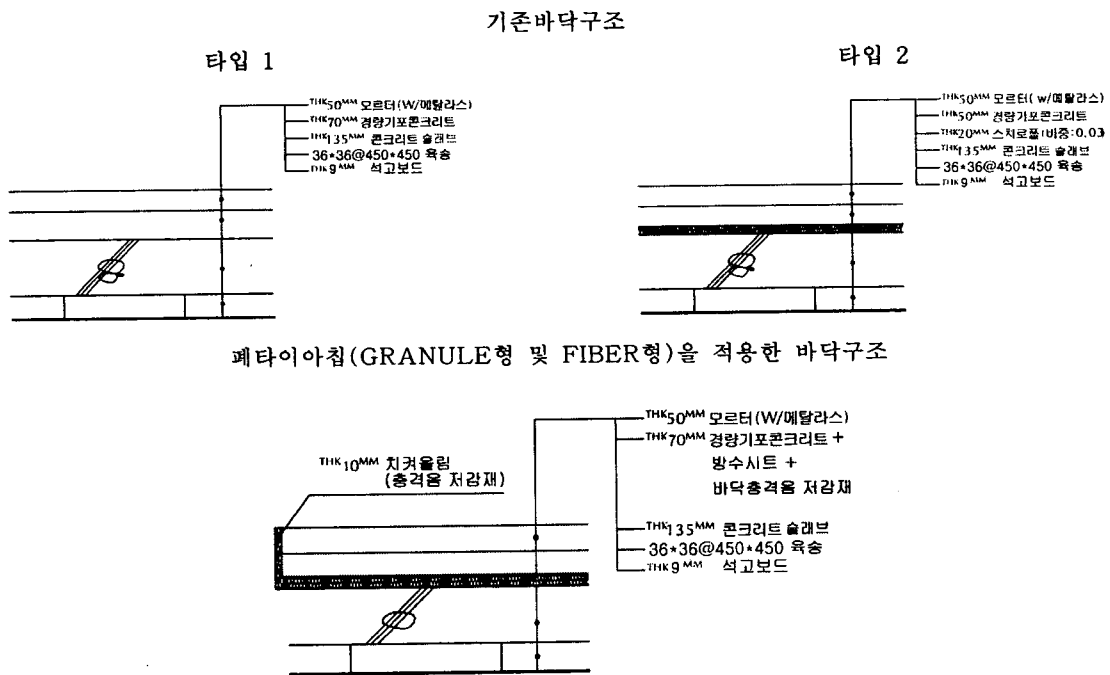


Fig. 1 Details of floor structure and construction materials

성할 수 없을 것으로 생각된다. 따라서 완충재 위에 방수지(폴리에틸렌 필름)를 까는 것을 원칙으로 하였으나, 방수지 유무에 따른 바닥충격음 차단성능을 비교하기 위해 방수지를 설치하지 않은 시험모델을 추가하였다.

(4) 벽체와 뜬바닥층의 절연 유무

뜬바닥 구조를 적용하는 주요 목적은 앞서서도 설명한 바와 같이 뜬바닥층에 가해진 충격에너지가 슬래브와 벽체에 직접 전달되지 않도록 하는 것이기 때문에 뜬바닥구조의 생명은 슬래브 등 구조체와 뜬바닥층 사이의 확실한 절연이라고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서도 바닥 뿐만 아니라 벽체부분도 완충재로 절연하는 것을 원칙으로 하였으나, 벽체 절연여부에 대한 바닥충격음 차단성능을 비교하기 위해 벽체와 절연하지 않은 시험모델을 추가하였다.

(5) 기존 바닥구조에 대한 충격음 차단성능 평가

본 연구대상인 완충재의 적용효과를 파악하기 위해 현재 S건설에서 시공하고 있는 2가지 바닥구조에 대해 비교시험을 실시하였다.

Fig. 1은 이상과 같은 방법으로 본 연구에서 시험대상으로 선정한 기존 바닥구조 및 완충재를 사용한 바닥구조의 단면상세 및 구성재료를 나타낸 것이다.

2.3 시험모델의 설치

바닥충격음레벨은 공법이나 구조가 같더라도 시공상의 문제나 축로전달음 등의 영향에 의해 차이가 있으며, 특히, 슬래브의 두께, 면적, 주변 지지조건 등의 변화에 따라 다소 차이를 보이기 때문⁽⁴⁾에 본 연구에서는 이러한 문제를 최소화하기 위해 아파트 1개 동에 시험모델을 설치하였다. 시험모델은 바닥면적이 10 m²이상인 방에 설치하였으며, 시험모델 1개만을 평가할 경우 측정결과가 왜곡될 우려가 있기 때문에 동일 시험모델에 대해 3개씩 시공하였다. 그리고 시험모델은 다음과 같은 순서에 의해 설치하였다.

(1) 슬래브 바닥면의 돌출물 제거 및 청소

바닥면의 불균일성으로 인한 음교(sound bridge)를 없애기 위해 돌출물을 제거한 후, 청소를 실시하였다.

(2) 입상용(치켜올림) 완충재 부착

벽체와의 절연을 위해 쉬-트 형태로 기계작된 완충재를 온돌층 마감면보다 10 mm이상 돌출하도록 벽체에 부착하였다.

(3) 바닥부위에 완충재 설치

현장 배합된 완충재를 설정한 두께로 설치하였다.

(4) 방수지 깔기

완충재의 방수를 위해 폴리에틸렌 필름을 깔았으

며, 연결부위는 100 mm이상 겹쳐 접착테이프로 마감하였다. 그리고 벽체부분에는 최종 바닥마감면 위로 필름을 충분히 치켜올려 기포콘크리트가 완충재에 스며들지 않도록 하였다.

(5) 경량기포콘크리트의 타설

S건설의 경우, 슬래브면에서 모르터 마감면까지의 두께는 120 mm이며, 이 중 50 mm는 마감모르터 두께로 고정되어 있다. 나머지 70 mm는 발포 폴리스티렌 폼 20 mm의 설치여부에 따라 기포콘크리트 타설두께를 50 mm로 하는 경우와 70 mm로 하는 경우로 나눌 수 있는데, 본 연구에서도 현장시공과 같은 방법으로 마감모르터의 두께를 50 mm로 고정하고, 나머지 70 mm는 완충재의 두께만큼 제외한 후 기포 콘크리트를 타설하였다.

(6) 난방배관의 설치

경량기포 콘크리트가 충분히 양생된 후, 난방배관을 설치하였다.

(7) 마감모르터의 타설

50 mm 두께로 시멘트 모르터를 타설하였다.

(8) 양생 및 마무리

마감 모르터가 충분히 양생된 후, 입상용 완충재 및 방수지를 바닥면 높이에서 절단하였다.

2.4 바닥충격음 레벨의 측정 및 평가

각 시험모델 및 기존 바닥구조의 충격음 차단성능 평가는 KS F 2810 "건축물 현장에 있어서 바닥충격음 측정방법"에 따라 실시하였으며, Table 1은 시험에 사용한 측정장비 목록을 나타낸 것이다. 그리고 중량충격원인 타이어의 공기압은 매뉴얼에 제시된 2.6 kgf/cm²~3.0 f/cm²(36.98 lb/in²(psi)~42.67 lb/in²(psi)) 범위 중에서 중간 정도의 공기압인 40 psi로 맞춘 후 측정을 실시하였으며, 가능한 암소음(background noise)의 영향을 줄이고자

Table 1 List of measuring instruments

측 정 장 비		모델명 및 제조원
충격원	경 량 충 격 원	FI-01, 일본 RION사
	중 량 충 격 원 (Bang machine)	Bang machine-T형 일본 사쓰끼사
수음 장치	정 밀 소 음 계	NL-10A, 일본 RION사
	옥 타 브 필 터	NX-01A, 일본 RION사
	레 벨 레 코 더	LR-04, 일본 RION사
	Sound level calibrater	NC-73, 일본 RION사

Table 2 Recommendations for impact isolation class of floors in apartment housing(AIJ, architectural institute of Japan)

특급(권장)	1급(표준)	2급(허용)	3급(최저한도)
L-40	L-45	L-50	L-60
L-45*	L-50*	L-55	

*는 중량충격원의 경우에 적용

23:00~04:00시 사이에 측정하였다.

국내 건축관련법령 중 바닥충격음에 대한 성능기준은 주택건설기준 등에 관한 규정 제 14조 제 3항에 “공동주택의 바닥은 각 층간의 바닥충격음을 충분히 차단할 수 있는 구조로 하여야 한다”고 선언적으로만 규정되어 있다. 그리고 주택건설기준 등에 관한 규칙 제 22조의 2 [공업화주택의 성능 및 생산기준]에 바닥충격음기준은 있으나 이 규정은 조립식공법으로 건설하는 공동주택 또는 단독주택을 대상으로 공법소유자의 신청에 의해 인정을 해주는 기준일 뿐 법적인 강제성이 없는 임의규정이다.

또한 대한주택공사 주택연구소에서는 현장 및 실험실에서의 청감실험과 실태조사를 통하여 평가척도로서 차음지수(L지수)를, 성능기준(안)으로서 중량충격음은 L-50(L-52까지 허용), 경량충격음은 L-70(L-72까지 허용)을 제안하고 있으며, 권장치로서는 L-45(중량충격원)과 L-60(경량충격원)을 각각 제안하고 있다⁽⁶⁾. 그러나 이런 제안들이 관련법에 반영되지 못함에 따라 현재 우리나라의 경우, 반드시 지켜야 하는 바닥충격음 차단성능 기준은 전혀 없기 때문에 본 연구에서는 측정결과를 일본건축학회에서 권장하고 있는 기준(Table 2) 및 평가방법⁽⁵⁾과 주택연구소의 기준(안)을 바탕으로 평가하는 것으로 하였다.

3. 바닥충격음레벨의 측정결과 및 평가

3.1 페타이어 칩의 종류 및 두께별 측정결과

(1) 그레놀형의 두께별 바닥충격음레벨

Fig. 2는 본 연구에서 완충재로 사용한 페타이어칩 중 그레놀형에 대한 경량바닥충격음 측정결과이다.

Fig. 2에서와 같이 경량충격음은 기존의 바닥구조보다 1~2등급(5~10 dB) 향상됨을 알 수 있다. 그리고 본 연구에서 선정된 두께별 충격음 차단성능은 그 차이가 크지는 않으나 두께가 두꺼울수록 성능이 다소 좋아지는 것으로 나타났다. Table 3은 평가결과를 나타낸 것으로서 기존구조를 제외한 모든 시험

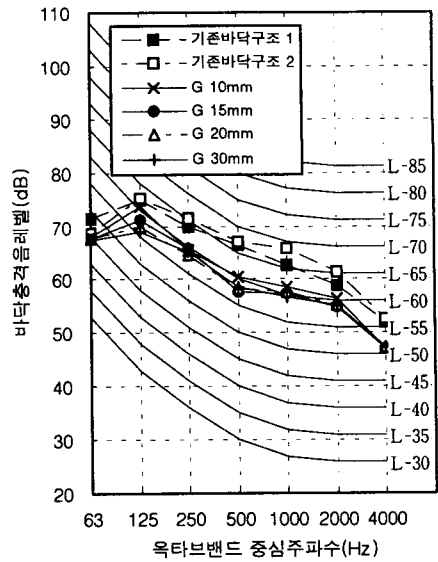


Fig. 2 Light-weight impact sound level of granule-type chips in thickness

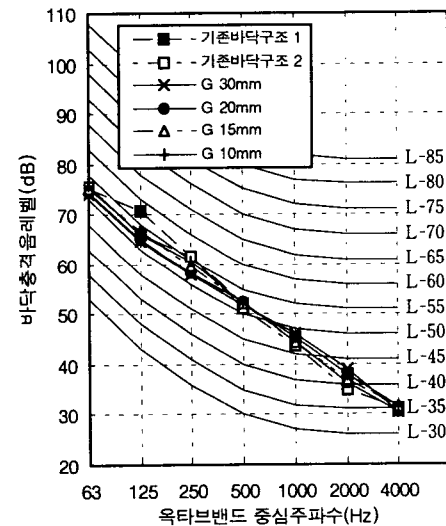


Fig. 3 Heavy-weight impact sound level of granule-type chips in thickness

모델들이 일본건축학회에서 권장하고 있는 기준 중 최소(3급)기준에 해당하는 것으로 나타났다. 그리고 대한주택공사 연구소의 기준(안)에 따라 평가한 결과, 기존구조를 포함하여 모든 측정대상 시험모델이 기준(안)을 만족하나 완충재를 사용한 모델들이 기존구조보다 5~9 dB 양호한 성능을 보이는 것으로 나타났다.

Fig. 3은 중량바닥충격음 차단성능의 측정결과를 나타낸 것으로서 경량충격음의 평가결과와는 달리 기존 바닥구조와 비슷한 것으로 나타나 성능개선 효

Table 3 The performance results of impact sound isolation in test models

시험모델	경량충격음		중량충격음	
	L등급	L지수	L등급	L지수
기준구조 1	L-65	L-66	L-60	L-58
기준구조 2	L-70	L-69	L-55	L-56
그레늘형	두께 30 mm	L-60	L-60	L-50
	두께 20 mm	L-60	L-60	L-55
	두께 15 mm	L-60	L-60	L-55
	두께 10 mm	L-60	L-61	L-55
파이버형	두께 30 mm	L-60	L-60	L-50
	두께 20 mm	L-60	L-60	L-50
	두께 15 mm	L-60	L-61	L-50
	두께 10 mm	L-60	L-62	L-55

과가 그다지 크지 않았다. 또한 완충재의 두께별 충격음 차단성능은 두께가 두꺼울수록 성능이 다소 좋아지나 그 차이는 크지 않은 것으로 나타났다.

Table 3은 이들 결과를 나타낸 것으로서 기준구조를 포함한 모든 시험모델들이 일본건축학회에서 권장하고 있는 기준을 만족하는 것으로 나타났으나 대한주택공사 연구소의 기준(안)을 만족하는 시험모델은 완충재의 두께를 20 mm와 30 mm로 한 것밖에 없는 것으로 나타났다.

(2) 파이버형의 두께별 바닥충격음레벨

Fig. 4는 페타이어칩 중 파이버형에 대한 경량바닥충격음 측정결과를 나타낸 것으로서 그레늘형과 마찬가지로 기준구조보다 바닥충격음 차단성능이 1~2등급(5~10 dB) 향상됨을 알 수 있다. 그리고 Table 4에 나타낸 바와 같이 기준구조를 포함한 모든 시험모델이 일본건축학회 기준과 대한주택공사 연구소의 기준(안)을 만족하고 있는 것으로 나타났다.

Fig. 5는 파이버형에 대한 중량바닥충격음 차단성능의 측정결과를 나타낸 것으로서 경량충격음의 평가결과보다 개선효과가 크지는 않으나 두께 10 mm를 완충재로 사용한 경우를 제외하고는 기존 바닥구조의 충격음 차단성능보다 1등급 개선된 성능을 나타내고 있는 것으로 나타났다. Table 3은 평가결과를 나타낸 것으로서 기준구조를 포함한 모든 시험모델들이 일본건축학회에서 권장하고 있는 기준을 만족하는 것으로 나타났으나 대한주택공사 연구소의 기준(안)을 만족하는 시험모델은 완충재의 두께가 10 mm인 모델을 제외하고 모두 만족하는 것으로 나타났다.

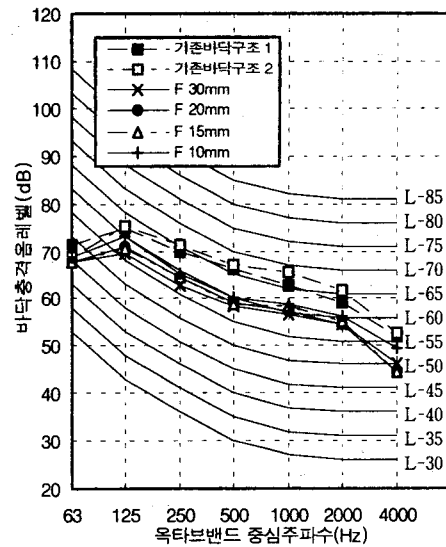


Fig. 4 Lightweight impact sound level of fiber-type chips in thickness

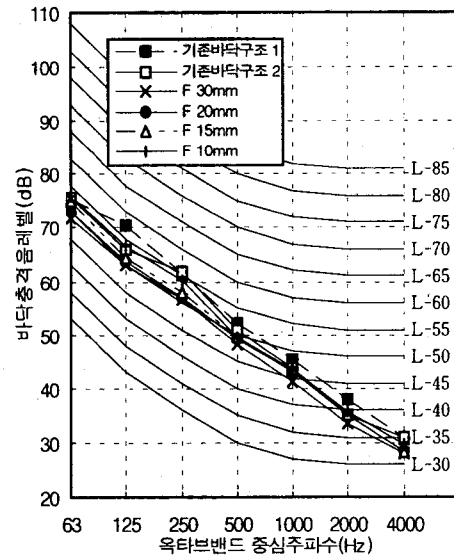
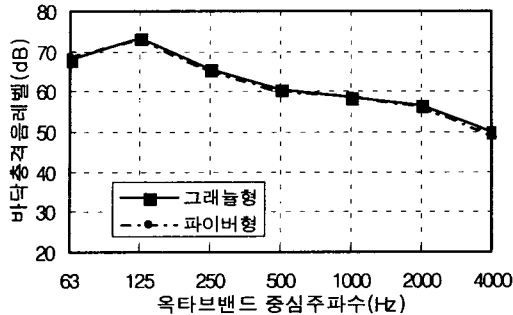


Fig. 5 Heavy-weight impact sound levels of fiber-type chips in thickness

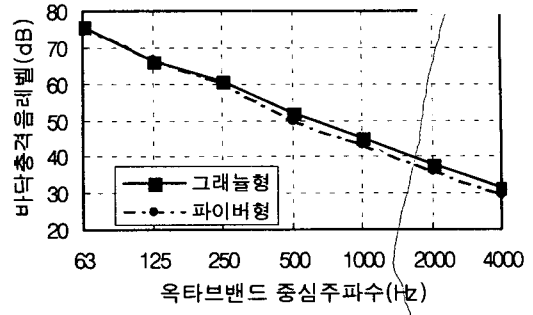
3.2 그레늘형과 파이버형의 바닥충격음 레벨차

본 연구에서 사용한 페타이어 칩 중 바닥충격음 차단성능이 양호한 형태를 선정하여 제시하고자 동일한 두께의 그레늘형과 파이버형에 대해 바닥충격음에 대한 차단성능을 비교하였다. Fig. 6은 경량충격음, Fig. 7은 중량충격음에 대한 결과를 나타낸 것이다.

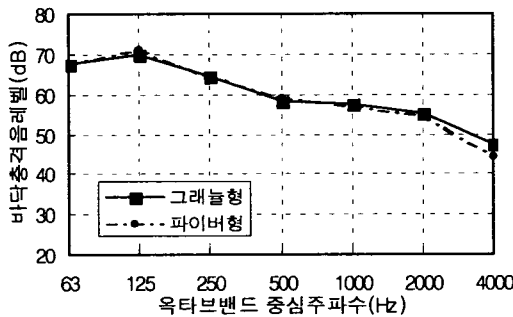
경량충격음 차단성능은 Fig. 6에서도 알 수 있듯이 칩의 형태에 따른 차이는 그다지 크지 않은 것



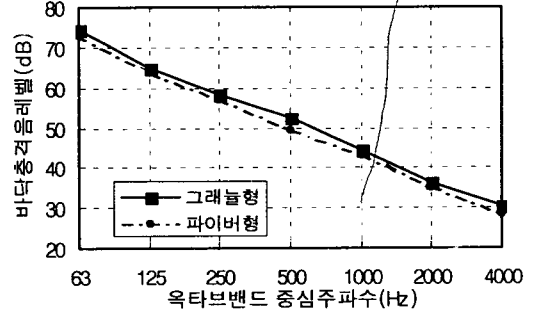
(a) 완충재 두께 10 mm



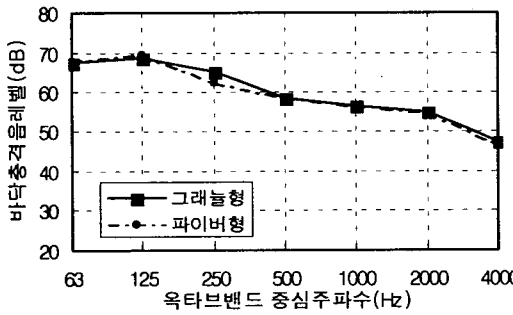
(a) 완충재 두께 10 mm



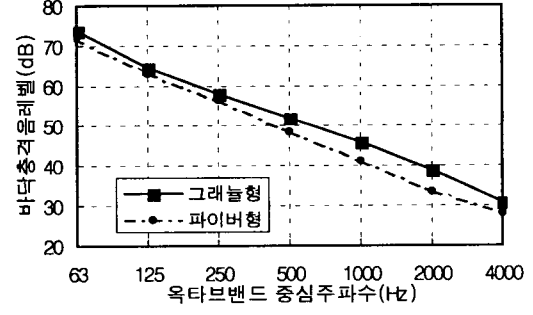
(b) 완충재 두께 20mm



(b) 완충재 두께 20 mm



(c) 완충재 두께 30mm



(c) 완충재 두께 30 mm

Fig. 6 The difference of light-weight impact sound level between granule and fiber-type

Fig. 7 The difference of heavy-weight impact sound level between granule and fiber-type

으로 나타났다. 결과적으로 본 연구에서 완충재로 사용한 칩의 형태는 경량충격음의 차단성능에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

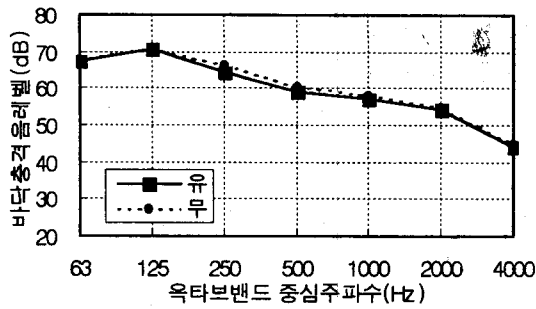
Fig. 7은 칩의 형태에 따른 중량충격음 차단성능의 차를 비교한 것으로서, 두께에 따라 바닥충격음 차단성능의 차이는 다소 있으나 경량충격음의 평가 결과와는 달리 파이버형이 그래놀형보다 중량충격음에 대한 차단성능이 다소 양호한 것으로 나타났다.

3.3 뜬바닥구조의 시공방법에 따른 바닥충격음레벨 특성

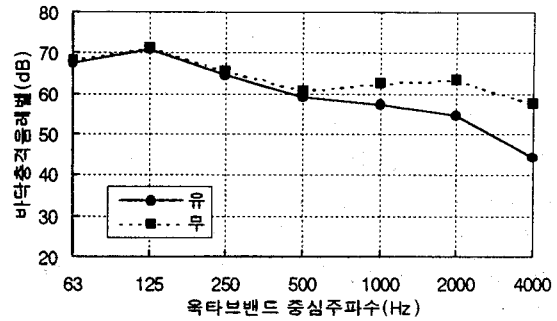
(1) 방수지 설치 유무

방수지(폴리에틸렌 필름) 유무에 따른 충격음 차단성능의 차이를 비교하기 위해 파이버형 20mm를 대상으로 방수지 설치여부에 따른 바닥충격음 차단성능을 경량충격음과 중량충격음에 대한 평가를 실시하였으며, Fig. 8은 그 결과를 나타낸 것이다.

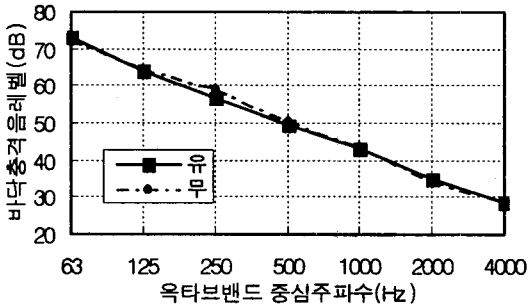
Fig. 8에서도 알 수 있듯이 경량충격음이나 중량충격음 모두 방수지를 설치한 경우가 다소 높은 성능을 나타내고 있는 것으로 조사되었다. 물론 성능의 차이는 크지 않으나 액체가 완충재에 침투하지 못하도록 정확하게 방수지를 설치하는 것이 바람직



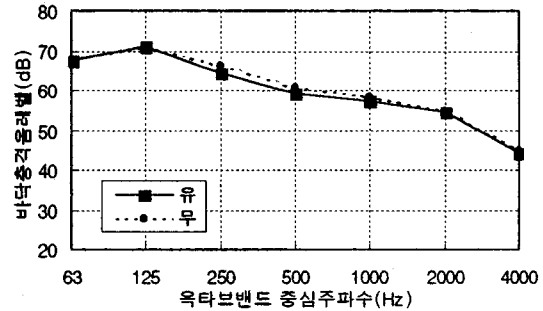
(a) 경량충격음 레벨



(a) 경량충격음 레벨차



(b) 중량충격음 레벨



(b) 중량충격음 레벨차

Fig. 8 The difference of impact sound level according to the existence of waterproof paper

Fig. 9 The difference of impact sound level according to the existence of insulating materials between floating floor and wall

할 것으로 판단된다

(2) 완충재의 치켜올림 유무

벽체와의 절연여부에 대한 충격음 차단성능을 비교하기 위해 파이버형 20 mm를 대상으로 비교시험을 실시하였으며, Fig. 9는 그 결과를 나타낸 것이다.

Fig. 9의 (a)에서도 알 수 있듯이 경량충격음 차단성능은 치켜올림재를 시공한 경우가 전주파수 대역에서 다소 높은 성능을 보이고 있으며, 그 차이는 저주파수대역보다는 고주파수대역으로 갈수록 커지고 있다. 또한 Fig. 9의 (b)와 같이 중량충격음의 경우도 그 차이는 크지 않으나 전주파수 대역에 걸쳐 치켜올림을 한 경우가 바닥충격음 차단성능이 더 좋은 것으로 나타났다. 따라서 뜬바닥층(온돌층)과 벽체를 완충재로 확실하게 절연하는 것이 충격음 차단성능을 높이는 방법이라 판단된다.

4. 결 론

공동주택에서 문제가 되고 있는 바닥충격음을 줄이기 위해 뜬바닥구조의 완충재로 사용한 페타이어 칩에 대해 충격음 차단성능을 평가한 결과 다음과

같은 결론을 얻었다.

(1) 일본건축학회에서 제시하고 있는 평가방법에 따라 평가한 결과, 페타이어 칩을 바닥완충재로 이용한 바닥구조가 기존 바닥구조에 비해 경량충격음은 칩의 형태에 관계없이 1~2등급 향상되었으나 중량충격음은 페타이어 칩의 형태와 두께에 따라 비슷하거나 1~2등급 향상된 결과를 보여주고 있어 중량충격음보다는 경량충격음의 차단에 더 효과적인 것으로 나타났다.

(2) 페타이어 칩의 형태는 그레놀형보다는 파이버형이 바닥충격음 차단에 다소 유리한 것으로 나타났으며, 파이버형 중에서도 15 mm 이상이 일본건축학회에서 표준이라고 제안하고 있는 1급에 포함되는 것으로 나타났다.

(3) 방수지를 설치한 경우와 치켜올림(벽체와의 절연)을 한 경우가 바닥충격음 차단성능에 다소 유리한 것으로 나타났다. 따라서 향후 본 완충재를 아파트 현장에 적용할 경우에는 경량기포콘크리트의 타설시 액체가 침투되지 않도록 방수지를 설치하고 뜬바닥층(온돌층)과 벽체를 완충재로 확실하게 절연하는 것이 필요하다는 결론을 얻었다.

참 고 문 헌

- (1) 木村 翔, 1971, 歐州における集合住宅の床衝撃音対策の現状, 音響技術, Vol. 4, pp. 163~173.
- (2) 건설부 국립건설시험소, 1990, 공동주택의 바닥충격음 기준연구, pp. 207~247.
- (3) 건설교통부, 1995, 페타이어의 건설재료로의 활용화 방안에 관한 연구.
- (4) 木村 翔, 井上勝夫, 1987, 床の構造と遮音性 - 軀體スラブの床衝撃音遮断性能 -, 建築技術 No. 435, pp. 125~126.
- (5) 日本建築學會, 1979, 建築物の遮音性能基準と設計指針, 技報堂出版株式會社, pp. 2~12.
- (6) 대한주택공사, 1990, 공동주택 내부소음 기준 설정 연구 (I) -바닥충격음 차음성능기준-, pp. 187~188.