

공동주택 바닥충격음 완충재료의 물성 권장안

°정 갑 철*, 양 관 섭**

A Study on the Property of the Floor Impact Isolation Material in Apartment House

°G. C. Jeong, G. S. Yang

ABSTRACT

Recently, among those general contractors and construction material production companies in Korea, this concept is lively obtained to reduce the floor impact sound. This attempt is continuously tried for developing the floor impact isolation material. However the assesment of the isolation performance is often ignored and even there seems no differences in comparison with the general the isolation performance of the floor impact. This is often ocured for their only respect with the material of the floor impact isolation performance. Therefore, this study analysed the expected problems for site application of currently applied the isolation material and its capacity which as the floor impact reducing material, and presented several major assesment items and checklist which should be inspected in advance of their development or site application.

1. 머리말

공동주택은 말 그대로 다수의 세대가 벽이나 바닥 사이에 두고 생활하기 때문에 차음상의 문제가 다수 발생한다.

우리나라 대부분의 공동주택에 사용되고 있는 콘크리트는 재료의 특성상 무겁고 밀실하기 때문에 동일한 두께의 다른 재료보다 말소리나 TV소리 등 공기를 매체로 하여 전달되는 소음(공기전달음)에 대해서는 차단성이 비교적 양호하다. 그러나 재료의 특성상 콘크리트면에 직접 충격이 가해짐에 따라 발생하는 충격음(고체전달음)은 인접세대에 쉽게 전달된다. 이러한 바닥충격음은 현재 우리나라에서 적용되고 있는 일반적인 바닥구조로는 해결하기가 쉽지 않은 실정이다.

이러한 바닥충격음 문제를 해결하기 위해 독일이나 프랑스 등에서는 오래전부터 뜬바닥(Floating

Floor)구조를 채용하고 있다. 이 뜬바닥구조는 슬래브 위에 유리면과 같은 방진용 완충재를 간 후 적절한 방법으로 내장바닥(온돌층)을 구성하여 그곳에 가해지는 충격에너지가 직접 구조체(슬래브)에 전달되지 않도록 하는 것이다. 최근 우리나라에서도 이와 같은 원리를 이용하여 바닥충격음을 줄이기 위한 노력이 대형 건설업체와 건축자재 생산업체 등을 중심으로 활발히 이루어지고 있으며, 이러한 노력의 대부분은 방진용 완충재의 개발로 이루어지고 있다. 그러나 이러한 재료가 바닥충격음 차단성능에만 치중하다보니 건축재료로서 요구되는 각종 성능에 대한 검토가 제대로 이루어지지 못하는 경우도 있으며, 바닥충격음 차단성능조차도 기존의 바닥구조와 크게 차이가 없는 경우도 있다.

따라서 본 논문에서는 현재 바닥충격음 저감재로 적용되고 있는 완충재와 이들 완충재의 현장 적용상의 문제점을 분석함과 동시에 바닥충격음 저감재를 개발하거나 현장에 적용하기 전에 검토해야 할 주요 성능항목과 검토사항을 제시하고자 한다.

* 정희원, (주)대우건설 기술연구소 책임연구원

** 정희원, 한국건설기술연구원 선임연구원

2. 바닥충격음 저감용 완충재의 적용현황 및 2.2 바닥충격음 차단성능 현황

문제점

2.1 완충재의 적용현황

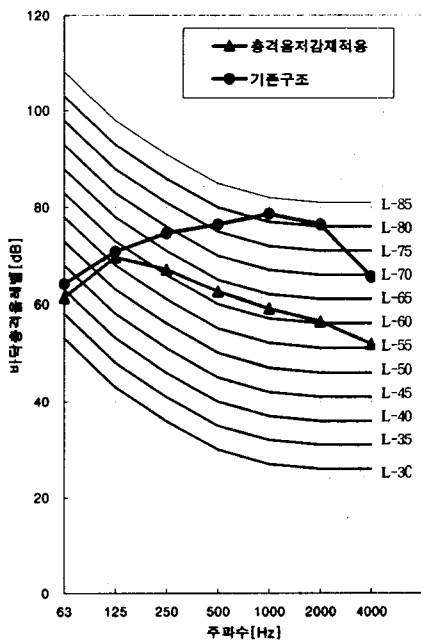
현재 우리나라의 공동주택에 적용되고 있거나 개발된 뜬바닥용 완충재는 페타이어칩을 비롯하여 고무계통의 매트, 유리면올 소재로 한 매트 등 여러 가지의 재료들이 있으며, 두께는 보통 10~20mm 정도이나 대부분 거실의 경우에는 15mm를 사용하고, 침실의 경우에는 10mm 정도를 적용하고 있다. 그리고, 슬래브는 대부분 철근콘크리트로 되어 있으며, 그 두께는 시공업체마다 다소 다르나 125~135mm 정도가 일반적이다. 그러나 바닥충격음 문제가 대두됨에 따라 일부 건설업체에서는 슬래브의 두께를 150mm 이상으로 하는 경우도 있다.

완충재 위에 구성되는 뜬바닥층(온돌층)은 단열층과 축열층으로 구성되어 있으며, 법에서 정하고 있는 단열성능을 만족시키기 위해 대부분 경량기포콘크리트를 사용하고 있다. 그리고 경량기포콘크리트의 두께는 완충재의 두께에 따라 달라지나 총 두께는 70mm 전후이며, 마감재로는 대부분의 건설업체가 50mm 내외의 모르터를 사용하고 있다.

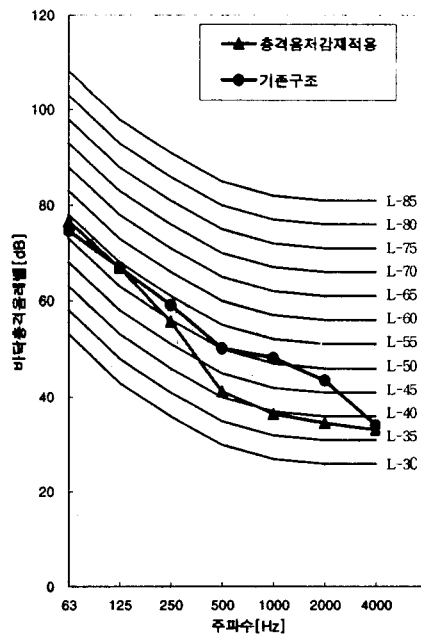
동일한 회사에서 동일한 구조와 공법으로 시공된 바닥일지라도 시공상의 차이나 우회전달음의 영향 등에 의해 개개 바닥에 대한 바닥충격음 차단성능은 모두 다 똑같지는 않다. 따라서 본 절에서는 우리나라에서 적용하고 있는 바닥구조의 구성상태나 두께에 관계없이 개략적인 바닥충격음 차단성능 현황을 일본건축학회 평가치인 L값을 이용하여 표현하되, 완충재의 적용 유·무로 구분하여 나타내는 것으로 하였다.

2.2.1 경량충격음

완충재를 적용한 바닥구조의 경량충격음 차단성능은 미적용 바닥구조에 비해 최소 1등급(5dB)에서 최대 3등급(15dB)까지 충격음 차단성능이 개선되는 것으로 나타나지만, 저주파수대역보다는 중·고주파수대역에서 저감효과가 크다. 이를 일본건축학회에서 제안하고 있는 평가곡선으로 평가할 때에는 L-60~L-70 정도인 것으로 평가되고 있다.



(a) 경량충격음



(b) 중량충격음

Fig. 1 바닥충격음 차단성능 측정결과에 예

2.2.2 중량충격음

바닥충격음 저감용 완충재를 적용한 공동주택의 경우 중량충격음 차단성능은 미적용 바닥구조와 유사하거나 1등급(5dB) 정도의 충격음 차단성능이 있는 것으로 나타나고 있다. 이를 일본건축학회에서 제안하고 있는 평가곡선으로 평가할 때에는 L-55~L-60 정도인 것으로 평가된다.

2.3 완충재 적용상의 문제

2.3.1 바닥충격음 차단성능상의 문제

일반적으로 슬래브 위에 완충재를 깔아 뜬바닥으로 할 경우 횡으로 공기가 빠져나가기 때문에 공기의 탄성계수가 부가되기는 하나 완충재 두께가 얇으면 탄성계수가 크고, 동시에 공기의 탄성계수도 커지기 때문에(두께가 절반이면 2배) 특히 저음역에서 뜬바닥효과가 전혀 나타나지 않는다¹⁾.

이러한 이유 때문에 중·고주파수대역에서 차음등급이 결정되고 있는 경량충격음의 경우, 기존 바닥구조에 10~15mm로 얇은 완충재를 사용한다 하더라도 중·고주파수대역에서 바닥충격음레벨이 낮아지기 때문에 상대적으로 개선효과가 큰 것으로 나타났다. 반면에 저주파수대역에서 차음등급이 결정되고 있는 중량충격음의 경우에는 저주파수대역에서 바닥충격음레벨이 낮아지지 않기 때문에 성능개선 효과가 그다지 크지 않은 것으로 판단된다. 따라서 충격력이 작고, 지속시간이 짧은 경량충격음보다는 충격력이 크고, 지속시간이 긴 중량충격음(아이들 뛰고 달릴 때 발생하는 소리 등)에 거주자의 불만이 집중되고 있는 상황에서는 현행 완충재로서 거주자의 요구를 만족시켜주기에는 한계가 있을 것으로 생각된다.²⁾

2.3.2 시공상의 문제

바닥충격음저감을 위해 사용하는 뜬바닥공법이란 완충재를 사용하여 온돌층을 바닥슬래브 및 벽체와 절연시켜 온돌층에 가해진 충격이 아래층으로 전달되지 않도록 하는 것이며, 이를 위해 여러 나라에서는 뜬바닥공법에 대한 시공지침을 규정하여 사용하고 있다.³⁾ 그러나 우리나라에는 이러한 뜬바닥공법에 대한 시공지침이 마련되어 있지 않아 일부 시공현장에서는 뜬바닥공법에 대한 이해 없이 임의대로 적용하고 있는 실정이다. 예를 들면, 벽체에 설치하는 완충재가 바닥 마감면까지도 덮어야 함에도 불구하고 벽체 주변에서의 균열발

생을 우려하여 바닥 마감면으로부터 10~20mm 낮게 완충재를 설치하여 벽체와 온돌층이 직접 닿는 경우가 있으며, 완충재를 설치하기 전에 음교발생억제를 위해 바닥면을 청소하거나 돌출물을 제거해야 함에도 불구하고 이러한 작업들이 소홀히 취급되고 있다.

2.3.3 완충재 재료상의 문제

바닥충격음의 저감방법 중 가장 효과적인 것으로 알려진 뜬바닥공법의 효과는 바닥슬래브, 벽 등 구조체와 뜬바닥층을 절연해주는 완충재의 역할이 상당히 중요하다. 이러한 중요성 때문에 오래 전부터 뜬바닥공법을 적용해 오고 있는 독일 등 유럽 각국이나 일본 등에서는 뜬바닥용 완충재의 종류, 크기, 품질, 시험방법, 시공방법 등을 정하여 그 규정에 적합한 재료를 사용하도록 하고 있다.³⁾ 그러나 아직까지 우리나라에서는 이러한 판단규정이 없어 완충재의 선정에 어려움을 겪고 있으며, 심한 경우에는 터무니없는 재료들이 완충재로서 검토되는 일도 있다.

뜬바닥용 완충재로서 검토될 수 있는 전제조건은 완충성이다. 그렇다고 완충성이 있다고 모두 뜬바닥용 완충재가 되는 것은 아니며, 충격음을 충분히 차단해줄 수 있는 방진성(스프링정수), 하중을 가했을 때의 잔류변형량(시간경과에 따른 변화), 뜬바닥층의 구조적 안정성, 보형감 등 여러 가지 성능을 종합적으로 검토하여 선정해야 함에도 불구하고, 일부 업체에서는 바닥충격음 차단성능에 치우친 성능평가가 이루어지고 있는 실정이다.

3. 바닥충격음 완충재로서의 물성 권장안

3.1 건축재료 차원에서의 검토항목

3.1.1 인체유해성

바닥충격음 완충재는 거주공간의 구성요소 중 바닥구조에 적용되는 재료로서 주위의 열환경 및 물, 습기와 반응에 따라 인체에 유해한 중금속 등의 발생이 없어야 할 것이다. 따라서 인체에 무해하다고 인정된 재료들을 사용할 경우에는 검토할 필요가 없으나 확인이 필요한 제품에 대해서는 유해성 여부를 확인해야 한다. 유해성 확인방법은 시험항목과 재질에 따라 다르기 때문에 전문가와 협의하여 결정해야 한다.

3.1.2 내구성시험

완충재의 내구성은 바닥충격을 차단성능과 뜬바닥층의 구조적인 안정성을 지속적으로 유지하기 위해서 현장 적용 전에 확인이 필요한 항목이다. 즉, 시간이 경과함에 따라 주변 환경의 온도나 습도 등에 의해 재질과 형상이 바뀌면 바닥충격을 차단성이 떨어질 뿐만 아니라 뜬바닥층(온돌층)이 처지는 현상도 발생할 수 있다. 따라서 성능이 입증되지 않은 완충재에 대해서는 건조수축시험, 내열시험, 내한시험 및 내열·내한 반복시험을 실시한 후 동탄성계수 및 잔류변형, 손실계수 등을 측정하여 변화가 없음을 확인한 후 적용해야 할 것이다. 시험은 현장조건과 유사한 상태에서 실시하는 것이 가장 바람직하나 현실적으로 어렵기 때문에 완충재의 건조수축 시험방법은 KS L 5107 「시멘트의 오토클레이브 팽창도 시험 방법」, 내열시험은 KS F 3211 「지붕용 도막 방수제」, 내열·내한 반복시험은 KS F 3106 「특수 가공 화장합판」에 준하여 시험을 실시할 수 있다.

3.1.3 완충재의 탄성특성

(a) 동탄성계수 및 손실계수

동탄성계수는 재료의 밀도에 영향을 받으며, 만일 동탄성계수가 과다하게 높을 경우에는 바닥충격을 저감효과가 떨어질 수 있으나 역학적 안전성은 확보가 가능하다. 그러나 동탄성계수가 극히 낮은 경우에는 동적하중이 가해질 경우, 유연한 탄력성을 바탕으로 효과적인 충격완충이 가능하지만 응력에 대한 물리적 저항이 떨어져 상부하중에 따른 변형으로 바닥마감면의 균열이 발생될 수 있다. 손실계수는 재료자체가 받은 진동을 감쇠시켜주는 능력의 척도로서 손실계수가 높은 경우 진동을 차단시키는 역할이 커지나 단순히 손실계수만으로 바닥충격을 저감재료를 평가하는 것은 곤란하다.

우리나라에는 방진재료로서 가장 많이 사용되고 있는 방진고무에 대해서는 KS M 6604(방진고무의 시험방법)에 탄성계수 측정방법이 하나의 시험항목으로 규정되어 있기 때문에 이를 이용하거나 아니면 일본의 JIS A 6321(뜬바닥용 압면 완충재)과 6322(뜬바닥용 유리면 완충재)에서 정하고 있는 단위면적당 동탄성계수 및 손실계수 측정방법에 준하여 시험을 실시해도 관계는 없을 것이다. 표1과 표2는 일본과 독일에서 규정하고 있는 뜬바닥용

완충재의 품질기준을 나타낸 것으로 개발되는 완충재의 탄성계수와 손실계수에 대한 판단기준이 될 수 있을 것이나, 독일의 경우 경량충격원만 충격원으로 규정되어 있기 때문에 검토가 필요하다. 표 3은 통탄성 계수와 손실계수의 측정 예이다.

Table 1 일본의 뜬바닥용 완충재(유리면, 압면)의 동탄성계수, 손실계수

종 류	두께 (mm)	잔류변형 (mm)		단위면적당 동탄성 계수 (10^6N/m^2) (재하질량 250kg/m^2)	손실계수 (재하질량 250kg/m^2)	
		0~1회	1~2회			
압 면 완충재	1 종	25	6.0이하	2.0이하	1.0이상 2.5미만	0.1 ~ 0.4
	2 종	25	3.0이하	1.0이하	2.0이상 5.0미만	0.2 ~ 0.5
	3 종	25	2.0이하	1.0이하	4.0이상 10.0미만	0.3 ~ 0.6
유리면 완충재	1 종	20, 25	4.0이하	1.0이하	1.0이상 2.0미만	0.1 ~ 0.4
	2 종	20, 25	1.5이하	0.5이하	2.0이상 4.0미만	
	3 종	12, 20, 25	1.0이하	0.3이하	4.0이상 8.0미만	

Table 2 완충재의 동탄성계수 기준(독일)

절연층 종류	동탄성 계수 (N/cm^2) S'
I	$S' \leq 3$
II	$9 > S' > 3$

Table 3 동탄성계수와 손실계수

재질		동탄성계수 (10^6N/m^2)	손실계수
고무류	비중 0.2, 20mm	48	0.2
	비중 0.2, 10mm	62	0.2
	비중 0.1, 20mm	28	0.15
발포P.E. 비중 0.03, 20mm		33	0.2
유리섬유, 10mm		60	0.25
EPS 2호, 20mm		40	0.25
페우레탄 평판, 25mm		24	0.25

* 재하질량 250kg/m^2 의 조건

(b) 정탄성계수 및 잔류변형

정탄성계수는 동탄성계수와는 달리 정적하중의 재하에 의한 탄성특성을 나타낸 것으로 기본적인

용력-변형에 대한 개념은 동일하다. 또한 잔류변형은 일정한 재료에 용력을 가하고 난 후 이를 제거한 뒤 남아 있는 변형으로서 재료의 장기적인 역학적 거동과 관련한 주요 데이터로서의 의미를 갖는다. Table 3은 일본에서 규정하고 있는 바닥충격음 저감재의 정탄성계수와 정적변형량이다.

Table 3 완충재의 정탄성계수 및 정적변형 기준 (일본)

종 류	단위면적당의 정적탄성계수 (10 ⁶ N/m ²)	재하질량 250K/m ² 일 때의 정적변형(mm)	
압면 완충재	1 종	1.0이상 2.0미만	2.0 ~ 3.0
	2 종	2.0이상 4.0미만	1.0 ~ 2.0
	3 종	4.0이상 8.0미만	0.5 ~ 1.0
유리면 완충재	1 종	1.0이상 ~ 2.0미만	1.5 ~ 2.5
	2 종	2.0이상 ~ 4.0미만	0.5 ~ 1.5
	3 종	4.0이상 ~ 8.0미만	0.3 ~ 1.0

3.2 바닥시스템으로서 요구되는 성능항목

3.2.1 단열성능

건축법에서는 공동주택 등 건물에 대한 단열기준을 규정하고 있다. 따라서 바닥충격음 저감용 완충재가 유리면이나 압면과 같이 단열재라 할지라도 법적 기준을 만족하고 있는지를 확인해야 하며, 만족하지 못할 경우 별도의 대책을 수립해야 한다. 따라서 바닥슬라브를 포함한 전체의 바닥시스템에 대한 단열성능 평가가 필요하다. 단열성능은 KS F 2277(주택용 단열재의 단열 성능 시험 방법)에 의해 열전도율을 측정하여 적합여부를 판단해야 한다. Table 4는 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제21조에 규정되어 있는 단열기준 중 바닥부위에 대한 단열기준을 인용한 것으로 어떤 종류의 완충재가 사용되든 반드시 본 기준을 만족하여야 한다.

Table 5는 위 표에서 언급한 단열기준을 만족하기 위한 현행 시공법에서의 단열층 두께를 계산한 예이다.

3.2.2 뜬바닥층의 구조적 성능

바닥충격음 완충재의 상부에 구성되는 뜬바닥층(온돌층)에는 구조물에 실리게 되는 사람, 물건, 등이동적이며 가변적인 성격을 지니는 하중이 가해진다. 따라서 하중이 가해지면 뜬바닥층의 밀도나 강성 등에 따라 처짐이나 균열이 발생할 우려가

있기 때문에 완충재를 포함하여 뜬바닥층에 대한 구조적 성능을 현장적용 전에 반드시 평가할 필요가 있다. 시험은 KS F 2273 「조립용판 및 그 구조부분의 성능시험 방법」에 의한 국부압축시험과 이 측정결과로부터 산출할 수 있는 등분포하중을 이용하여 뜬바닥층에 대한 재하성능을 평가한다. 적재하중에 영향을 미치는 물품 중에서 대표적으로 큰 등분포하중을 나타내고 있는 에어컨(340kg/m²) 및 피아노(240kg/m²), 사람(50kg/m²) 등의 총합을 재하성능 평가기준으로 활용할 수도 있을 것이다.)

Table 6은 한국건설기술연구원과 대우건설기술연구소에서 측정한 국부압입시험의 결과이다.

Table 4 지역별 건축물 부위의 단열기준 열관류표

(단위 : W/m²·K, 괄호안은 단위 : Kcal/m²·h·°C)

지역		중부지역 ¹⁾	남부지역 ²⁾	제주도	
건축물의 부위	외기에 직접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.35이하 (0.30)이하	0.41이하 (0.35)이하	0.47이하 (0.40)이하
		바닥난방이 아닌 경우	0.41이하 (0.35)이하	0.47이하 (0.40)이하	0.52이하 (0.45)이하
	외기에 간접 면하는 경우	바닥난방인 경우	0.52이하 (0.45)이하	0.58이하 (0.50)이하	0.64이하 (0.55)이하
		바닥난방이 아닌 경우	0.58이하 (0.50)이하	0.64이하 (0.55)이하	0.76이하 (0.65)이하
공동주택의 층간바닥	바닥난방인 경우	0.81이하 (0.70)이하	0.81이하 (0.70)이하	0.81이하 (0.70)이하	
	기타	1.16이하 (1.0)이하	1.16이하 (1.0)이하	1.16이하 (1.0)이하	

Table 5 단열층 두께의 계산사례

구 분	단열층 두께(mm)		열관류율 (kcal/m ² ·h·°C)	비 고
	단열재	기포 콘크리트		
기존 공법	0	70	1.054	
단열재 등급	가	30	0.659	경질우레탄, XPS
	나	40	0.662	스티로폼, 유리면, 압면
	다	45	0.675	기타단열재
단열재 등급	가	20	0.664	
	나	25	0.645	
	다	30	0.675	

- 1) 슬라브 하단에 공기층 및 석고보드 시공 기준
- 2) 건축재료의 열전도율은 건축물 에너지절약설계기준 개정(안)의 자료 참조
- 3) 슬라브는 135mm 기준
- 4) 중간층 바닥난방 기준 0.7kcal/m²·h·°C이하

Table 6 국부압입시험과 변형량

재료형태	압입하중에 따른 변형량						변형량 (mm0)
	100kgf시 변형량(mm)	200kgf시 변형량(mm)	300kgf시 변형량(mm)	400kgf시 변형량(mm)	500kgf시 변형량(mm)	파괴하중 (kgf)	
모르터(50)+기포(50)+EPS(20)	0.1	0.13	0.24	0.40	0.56	1397	4.56
모르터(50)+기포(70) *	0.16	0.31	0.45	0.60	0.74	2891	4.80
모르터(50)+기포(50)+완충재1(20)	0.14	0.18	0.22	0.31	0.41	1316	4.36
모르터(50)+기포(70) **	0.16	0.31	0.45	0.57	0.71	2029	2.71
모르터(50)+기포(55)+완충재2(15)	0.45	1.05	1.40	1.85	1.10	1568	3.48

* : 건설기술연구원
 ** : 대우건설기술연구소

3.2.3 바닥충격을 차단성능

본 항목은 바닥충격을 저감재로 요구되는 가장 중요한 성능항목이며, 완충재 개발의 최대목표이다. 그러나 우리나라에는 아직까지 바닥충격을 차단성능에 대한 목표치가 없는 실정이나 다행스럽게도 현재 이에 대한 연구가 진행되고 있어 늦어도 2002년도 전반기에는 관련법이 규정되지 않을까 생각한다. 따라서 이들 기준에 맞춰 완충재 개발이 이루어져야 할 것이다. 바닥충격을 차단성능에 대한 현장 측정방법인 KS F 2810은 충격원의 종류에 따라 KS F 2810-1(표준 경량충격원에 의한 방법)과 KS F 2810-2(표준 중량충격원에 의한 방법)로 분리되어 개정될 예정이고, 또한 실험실 측정방법과 평가방법에 대한 연구가 진행되고 있어 2002년 중에는 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

4. 맺음말

공동주택에서의 바닥충격음 문제가 거주자들 사이에서 가장 큰 불만요인으로 작용함에 따라 바닥충격음을 줄이기 위한 노력이 일부 건설업체와 건축자재 메이커를 중심으로 활발히 이루어지고 있다. 그러나 이러한 재료가 바닥충격음 저감만을 목적으로 개발되는 경우가 있다 보니 성능평가 내용이 바닥충격음의 차단성 확인에만 치중하는 경향이 있다. 그러나 주택 등에 사용되는 건축재료 또는 부재는 단일 성능보다는 복합적인 성능을 요구하는 경우가 대부분이기 때문에 검토해야 할 성능항목도 많다. 이러한 성능항목이 체계적인 연구를

통해 제시되고, 또한 한국산업규격(KS)에 반영되어 바닥충격음 저감용 완충재 개발에 활용되어야 하나 아직까지 검토가 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 그렇다고 현재와 같이 다양한 완충재들이 제시되고 있는 상황에서 방관할 수만은 없는 실정이다.

따라서 완충재 개발시 검토해야 할 성능항목과 방법, 판단기준을 그 동안의 경험을 바탕으로 나름대로 제시하였다. 일부 부족한 부분이 없지 않으나 바닥충격음 저감용 완충재 개발에 다소나마 도움이 되었으면 한다.

5. 참고문헌

- 1) 日本音響材料協會, 建築音響關係JIS解説, 浮き床用緩衝材のJIS化(JIS A 6321, 6322 解説), pp.441, 1979,
- 2) 럭키개발(주), 공동주택 내부소음 저감방안에 관한 연구, 1989, pp.70 표4.1.2
- 3) 木村 翔, 欧州における集合住宅の床衝撃音対策の現状, 音響技術, 1975.
- 4) 日本音響材料協會, 濕式浮き床構造施工標準案, 音響技術, 1980.
- 5) 日本工業規格, JIS A 6321(浮き床用ロックウール緩衝材), JIS A 6322(浮き床用グラスウール緩衝材)
- 6) DIN 18164 part2, Rigid cellular plastics insulating building materials
- 7) 한국건설기술연구원, 아파트의 적재하중에 관한 통계적 연구, 1988. 12.