



# 법제화에 따른 바닥충격음 현황과 이에 대한 대응

유 승 업\*  
(한양대학교 건설연구소)

## 1. 머리말

2010년 인구주택총조사 결과에 따르면 우리나라 전체 세대중 47%가 아파트에 거주하는 것으로 나타났다. 서울의 경우에는 58%에 이를 만큼 아파트에 대한 선호도가 매우 큰 것으로 나타났다. 한편, 공동주택 거주자의 현재 주거에 대한 만족도와 미래의 주택 구입을 가정하여 중요도를 분석한 연구결과에 따르면 소음방지 부분이 그 차이가 가장 큰 것으로 나타나 현재 실내소음 방지와 관련된 거주자들의 만족도가 가장 낮은 것으로 나타났다(제해성 외, 2006). 한편, 다른 연구에서도 비율이 1980년대 초/중반 준공된 노후 공동주택에서의 소음 및 진동에 대한 거주자 불만족 비율이 50%를 상회할 정도로 공동주택 주거환경에서 미치는 영향이 매우 큰 것으로 나타났다(경일대학교, 2001). 이와 같은 공동주택의 소음진동 문제는 다수의 세대가 벽체와 바닥을 공유해야 하는 구조적 특징에 기인한 것으로 주거환경의 질에 대한 거주자들의 기대수준이 증가함에 따라 사회적 관심도 증대되고 있다. 최근에는 소음진동 문제로 인한 세대간 갈등이 더해져 심각한 사회적 문제로 인식되고 있다. 공동주택에서의 소음진동과 관련하여 가장 문제가 되고 있는 것이 세대간 바닥충격음 문제이다. 현재 바닥충격음 관련 분쟁 건수(서울시 기준)는 2008

년 11건, 2009년 14건, 2010년 18건 등으로 꾸준히 증가하고 있는 실정이다. 이 글에서는 2004년 바닥충격음 법제화에 따른 변화된 공동주택 바닥충격음 환경을 살펴보고 이에 대한 문제점과 대응방안에 대해 고찰해보고자 한다.

## 2. 바닥충격음 규제에 따른 효과

2004년 국토해양부에서는 ‘공동주택 바닥충격음 인정 및 관리기준’을 제정하여 신축공동주택의 바닥충격음에 대한 관리 제도를 시행하고 있다. 바닥충격음에 대한 최저 성능기준으로 경량충격음의 경우에는 58 dB, 중량충격음의 경우에는 50 dB를 만족해야 함을 제시하였다. 여기서 경량충격음은 하이힐소리, 물건 낙하시의 가볍고 딱딱한 충격에 대응하는 충격음으로서 표준충격원으로는 태핑머신이 사용된다. 중량충격음은 사람의 보행, 어린이가 뛰는 행위 등 부드럽고 무게 있는 충격에 대응하는 것으로서 표준충격원으로는 뱅머신과 임팩트볼이 사용되고 있다. 현재 국내에서는 뱅머신만이 표준 충격원으로 사용되고 있다. 바닥충격음 등급기준에 대한 구체적인 등급기준은 표 1과 같다.

2004년 보다 다양하고 구체적인 바닥충격음 저감구조들의 관리 및 인정을 실시하기 위하여 ‘공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 관리기준

\* E-mail : syrus81@gmail.com / Tel : (02) 2220-1795

표 1 바닥충격음 등급기준

구분	경량충격음	중량충격음
	역 A 특성 가중 표준화 바닥충격음레벨 (등급간 5 dB 차이)	역 A 특성 가중 바닥충격음레벨 (등급간 3~4 dB 차이)
1급	$L'_{n,AW} \leq 43$	$L'_{i,Fmax,AW} \leq 40$
2급	$43 < L'_{n,AW} \leq 48$	$40 < L'_{i,Fmax,AW} \leq 43$
3급	$48 < L'_{n,AW} \leq 53$	$43 < L'_{i,Fmax,AW} \leq 47$
4급	$53 < L'_{n,AW} \leq 58$	$47 < L'_{i,Fmax,AW} \leq 50$

제정안' 이 발표되었다. 그리고 이듬해인 2005년 '건설교통부 고시 2005-189호' 가 발표되었다. 이에 따라 개발된 바닥충격음 저감구조의 성능수준을 등급화 하여 구분하였으며 '표준바닥구조' 를 고시하여 공동주택에서의 바닥구조가 최소한의 차음수준을 확보하게끔 제도화 하였다.

가장 일반적으로 사용되고 있는 표준바닥구조는 주택건설기준 제14조 제3항의 규정에 따라 국토해양부 장관이 정하여 고시한 바닥구조로 벽식 및 혼합구조의 경우에는 콘크리트 슬래브의 두께를 210 mm 이상으로 규정하고 있으며 라멘 및 무량판 구조의 경우에는 180 mm 이상으로 규정하고 있다. 콘크리트 구조 상부에 설치되는 마감구조는 90~100 mm 이상의 두께를 가진다. 그리고 완충재가 콘크리트 슬래브와 마감구조 사이에 사용되는 것으로 되어있다. 이 때 완충재의 성능수준은 동탄성계수  $40 \text{ MN/m}^3$  이하(ISO 9052-1), 손실계수 0.1~0.3(ISO 9052-1), 방수성능은 흡수량 4 %v/v 이하로 지정하고 있으며 가열 후 치수안정성 5 % 이하, 동탄성계수 변화 20 % 이하의 성능을 가지는 재료를 사용하는 것으로 고시에서 정하고 있다.

이 기준에 의한 표준바닥구조 이외의 바닥충격음 차단구조로 시공하는 경우에는 인정기관으로부터 성능확인을 위한 인정을 받아야 하며 이를 인정바닥구조라 한다.

2011년 현재 총 217개의 인정바닥구조가 한국건설기술연구원과 한국토지주택공사를 통하여

고시되고 있다. 그림 1과 같이 경량충격음의 경우 1등급 및 2등급의 인정바닥구조가 전체의 89 %로 나타나 대다수가 높은 성능을 확보하고 있는 반면 중량충격음의 경우에는 1등급 및 2등급의 바닥구조는 19 %로 나타나 중량충격음에 대한 개선구조의 차단성능이 경량충격음에 미치지 못하고 있는 실정이다. 2004년부터 시행된 바닥충격음 인정구조의 개발은 2006년부터 급격하게 증가하고 있어 2008년에는 68개의 바닥구조가 인정구조로 고시되는 비약적인 증가세를 보이고 있다가 2010년 이후에는 인정구조 등록이 큰 폭으로 줄어든 상황이다. 현재 개발된 인정구조 중 80 % 이상이 180 mm 맨슬래브를 대상으로 인정을 받았으며 시공방법상의 특징으로는 습식, 반건식, 건식 구조로 구분하였을 때, 전체의 70 % 정도가 완충재를 사용한 습식구조의 형태로 시공되는 것으로 나타났다. 현재 일부 인정구조가 현장에서 바닥구조로 채택되어 시공되고 있는 실정이나 대부분의 현장에서는 표준바닥구조를 사용하고 있는 상황이다.

최근 법제화 시행 전후 총 41개 세대를 대상으로 바닥충격음 차단성능을 조사하였다. 7개 건설사의 15개 현장에서 측정을 실시하였으며 총 41개 세대에서 거실 및 침실을 포함하여 총 51개소에서 측정된 결과를 분석하였다.

법제화 시행 이전세대는 총 8개 현장에서 20개 세대를 대상으로 하였고 거실 19개소, 침실 5개소를 포함한 총 24개소에서 측정된 데이터를 대

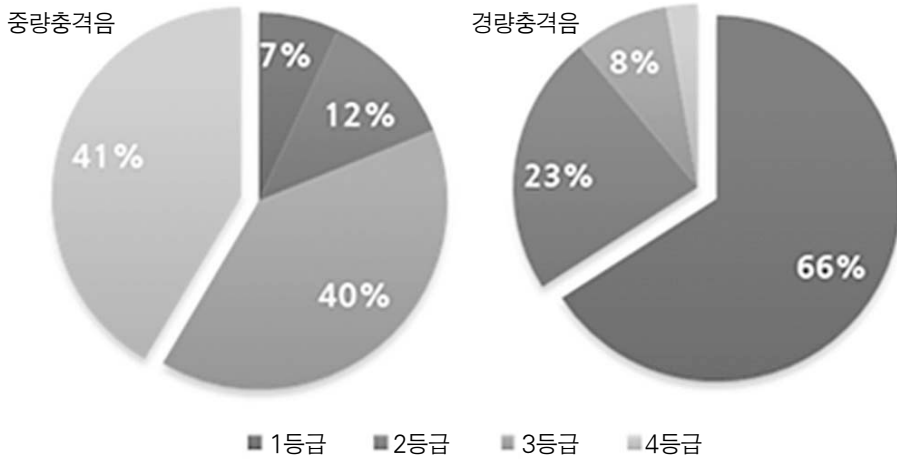


그림 1 바닥충격음 인성구조 등급분포 현황(2011년)

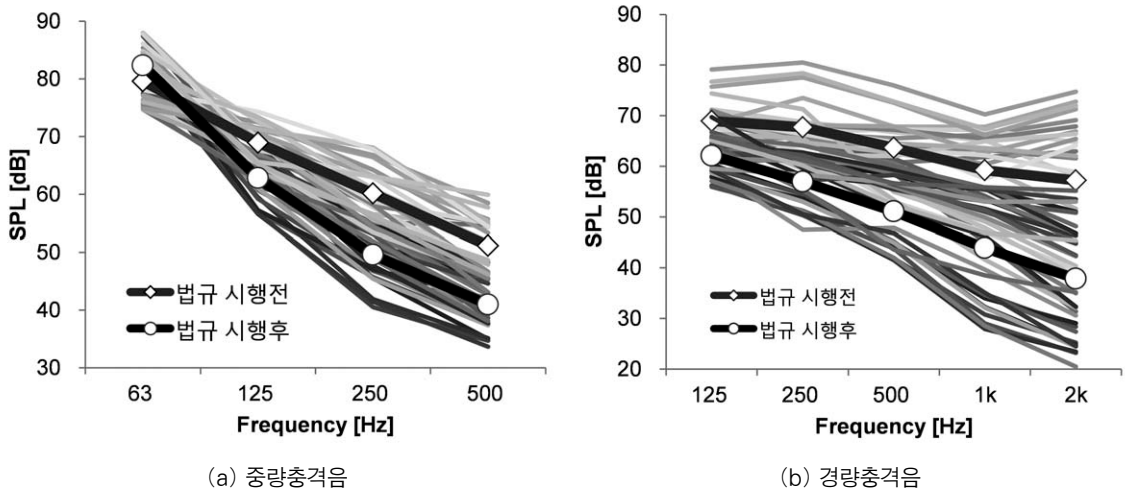


그림 2 법제화 전후의 주파수 대역별 바닥충격음 레벨 변화

상으로 분석하였다. 측정대상 공동주택의 입주 시기는 2008년 이전이었으며 슬래브 두께는 120, 135, 150 및 165 mm로 다양하게 나타났다. 측정 대상 세대의 86%가 완충재를 사용하지 않는 바닥구조를 가지고 있었다. 완충층 대신 경량기포 콘크리트 층의 두께가 50~70 mm로 시공되어 단열성능을 확보하고자 하였다.

법제화 시행 이후 세대는 총 7개 현장에서 21개 세대를 대상으로 하였고 거실 21개소, 침실 6개소를 포함한 총 21개 세대를 대상으로 하였다. 측

정대상 공동주택의 입주 시기는 2009년에서 2011년까지로 나타났으며 대상 세대의 슬래브 두께는 210 mm로 되어있었다. 바닥구조는 표준 바닥구조의 형태를 가지고 있었으며 사용된 완충재는 재료의 탄성계수에 따라 경질 및 연질 완충재로 구분될 수 있었다.

측정결과는 다음과 같다. 그림 2(a)는 법제화 시행 전후의 주파수 대역별 뱁머신을 사용한 중량 충격음 레벨을 비교한 결과를 나타내었다. 뱁머신을 활용한 중량충격음 레벨은 법제화 시행에

따라 단일수치값( $L'_{i,Fmax,AW}$ )이 평균 1.5 dB 감소하였다. 125 Hz 이상의 주파수 대역에서 6 dB 이상 음압레벨이 감소하였음에도 불구하고 음압레벨이 1.5 dB 정도 감소하는데 그친 이유는 63 Hz 대역에서의 평균 음압레벨이 2.7 dB 증가하였기 때문이다. 이는 완충재 도입에 따른 바닥판 공진에 의한 영향으로 사료된다.

그림 2(b)는 법제화 시행 전후의 주파수 대역별 태핑머신을 사용한 경량충격음 레벨을 비교한 결과를 나타내었다. 태핑머신을 활용한 경량충격음 레벨은 법제화 시행에 따라 단일수치값( $L'_{n,AW}$ )이 평균 18 dB 감소하는 효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 현행 5 dB 간격의 성능등급 기준으로 봤을 때, 3등급 이상의 개선효과가 있었음을 의미하는 결과이다. 전체 평가 주파수 대역에서 음압레벨이 감소하였으며 2000 Hz에서 최대 19 dB의 레벨 저감효과가 있었다. 따라서 법제화를 통해 3등급 이내의 성능수준을 확보하는 효과가 있었다.

그림 3은 법제화 전후의 바닥충격음 종류별 단일수치값을 정리하여 나타낸 결과이다. 그림에서 나타난 바와 같이 경량충격음에 대해서는 2등급 수준의 개선효과가 있는 것으로 나타났다. 반면 중량충격음에 대해서는 약 2 dB 정도의 저감효과가 나타나지 않는 것으로 나타났다. 따라서 완충재 적용에 따른 충격음 저감효과는 경량충격음에서 매우 효과적이었던데 반해 중량충격음의 경우에는 만족할 만한 저감효과가 나타나지 않은 것으로 나타났다.

공동주택에 거주하고 있는 입주자들을 대상으로 법제화 이전, 이후 세대간의 실질적인 저감효

과에 대한 설문조사를 실시하였다. 법제화 이전 및 이후 각 200부씩 회수된 설문지를 대상으로 분석하였다. 이전 아파트(법제화 이전의 아파트) 대비 층간소음 개선효과에 대해 질의한 결과를 살펴보았을 때, 법제화 이후 이전 아파트와 대비했을 때 개선효과가 있다고 응답한 '많이 좋아졌다', '좋아졌지만 조금 더 개선할 필요가 있다'라는 긍정적인 응답을 한 비율이 51.7%로 기존 연구의 60%를 상회하는 것으로 나타난 건설기술연구원(2009)의 결과에 비해서는 다소 낮은 결과를 나타냈었지만 대체적으로 개선되었다고 응답하였다.

그림 4는 중량 및 경량충격음에 대한 성가심에 대한 응답결과를 나타낸 것으로 11점 척도로 표시하였다. 중량충격음 및 경량충격음 모두 성가심에 대한 정도가 각각 0.73, 1.20 낮아진 것을 확인할 수 있다. 각 충격음에 대한 성가심 정도에

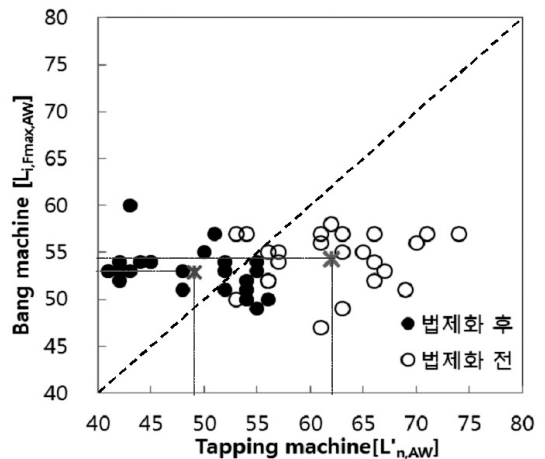


그림 3 법제화 전후의 바닥충격음 레벨 변화(단일수치값)

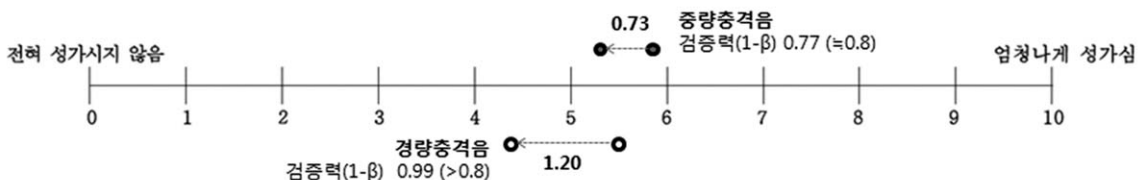


그림 4 중량 및 경량충격음 성가심(annoyance)에 대한 법제화 전후의 효과

대한 법제화 전후 응답자간 평균차이가 통계적으로 유의한 것으로 나타났으며 분석결과에 대한 검증력(1-β)도 모두 0.8이상으로 나타나 법제화에 따른 성가심이 개선된 것으로 나타났다. 중량충격음의 경우에는 경량충격음의 경우에 비해 청감적인 성가심 개선효과가 크지 않았음은 전술한 현장측정결과와도 유사한 부분이다.

따라서 현장측정결과 및 설문조사 결과를 종합해볼 때, 법제화에 따른 충격음 저감은 주로 경량충격음에 있어서 효과적인 것으로 나타났으나 중량충격음 저감에 있어서는 큰 효과가 나타나지 않은 것으로 분석할 수 있었다.

### 3. 중량충격음의 저감을 위한 개선방안

#### 3.1 중량충격원의 변경

현재 국내에서 표준 중량충격원으로 사용되고 있는 뱅머신은 그림 5와 같이 저주파 대역에서 과도한 충격력을 갖는 것으로 나타났으며, 태핑

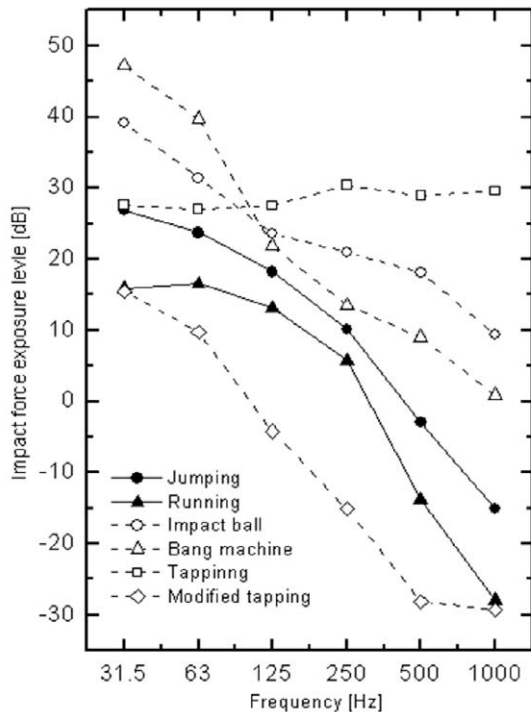


그림 5 각 충격원별 충격력 폭로레벨 비교

머신 해머 가진부에 완충소재를 부착하여 저주파수 대역의 충격력을 보완하고자 한 개량 태핑머신의 충격력은 성인 보행의 충격력에도 미치지 못하는 것으로 나타나는 문제점이 있다. 특히 뱅머신의 경우, 실 충격원에 비해 63 Hz 이하에서 20 dB 높은 충격력을 가지고 있어 바닥 공진에 의한 충격음 증폭의 원인이 되고 있다. 따라서 이러한 공진으로 인해 바닥구조의 성능평가에 있어 변별력을 갖지 못하는 경우가 발생하고 있다.

임팩트볼은 현재 사용되고 있는 표준충격원 가운데 실 충격원과 가장 유사한 충격특성을 가지고 있는 것으로 나타났으며(Jeon 등, 2006) 최근 ISO 10140시리즈 제정(2010)에서도 중량충격원으로는 유일하게 채택이 된 상태이다. 중량 2.5 kg, 직경 180 mm의 실리콘 고무재질의 구를 1 m 높이에서 자유낙하하여 충격진동을 발생하는 방법으로 비교적 측정방법이 간단하고 기계에 의한 구동소음이 없다는 점과 유지보수 측면에서 기존 뱅머신에 비해 유리한 장점이 있다. 현재 임팩트볼의 활용에 대한 국내 연구들도 정부과제를 통해 검토된 상황이다. 따라서 ISO 기준에 발맞추어 국내KS 및 관련 중량충격음 기준도 개선되어야 할 것으로 사료된다.

#### 3.2 저감구조상의 개선

일반적으로 바닥충격음 저감을 위해 사용되는 완충재를 사용한 뜬 바닥구조는 바닥판의 공진주파수를 저주파수 대역으로 이동하여 가진 주파수의 영향을 최소화하기 위하여 사용되는 방법이다. 이러한 뜬 바닥구조는 일반적으로 경량충격음 저감에 있어 효과적인 것으로 알려져 있다. 중량충격음에 대해서는 뜬 바닥구조는 상부 온돌층과 하부 콘크리트 슬래브 간의 강체모드 진동으로 인해 저주파수 대역에서의 진동량을 증가하고 오히려 저주파수 대역의 충격음이 증폭하는 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 이를 해결하기 위하여 완충층의 탄성계수를 매우 낮게 하여 시공하는 경우들도 있으나 이러한 매우 낮

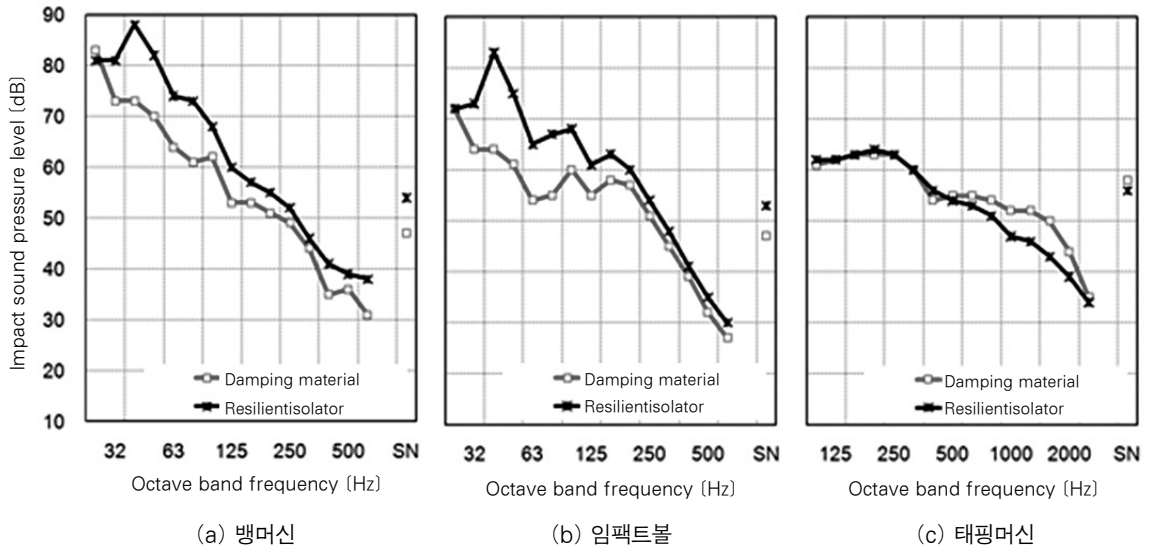


그림 6 저감재 종류에 따른 중량 및 경량충격음 레벨

은 탄성계수를 갖는 완충층의 경우에는 바닥구조의 내구성과 보행감이라는 측면에서 불리할 수 있다.

이러한 뜬 바닥구조의 중량충격음 저감에 대한 문제점을 보완하기 위하여 기존 완충재와는 다른 물성을 가지는 주로 기계진동 등에 있어 사용되는 점탄성 제진재 사용을 검토해보았다. 점탄성 제진재는 점성이 큰 재료를 사용함으로써 저감층의 손실계수를 증가시키고 바닥판의 탄성을 기존 뜬 바닥구조에 비해 증가시킴으로써 효과적으로 중량충격음을 저감하는 역할을 할 수 있다. 이러한 점탄성 제진재를 바닥판에 적용할 경우, 기존 완충소재에 비해 비교적 얇은 두께로 시공될 수 있기 때문에 리모델링 주택이나 기존 건물의 보수보강에 효과적으로 사용될 수 있다.

이 글에서는 동일한 세대를 대상으로 하여 개선전의 바닥구조(뜬 바닥구조)와 개선후 바닥구조(점탄성 제진재를 사용한 바닥구조)를 시공했을 때의 충격음 저감성능을 실험적으로 살펴보았다. 150 mm 슬래브 두께를 가진 바닥구조(바닥 면적 17 m<sup>2</sup>의 거실부)를 대상으로 저감구조를 시공하여 비교, 평가하였다. 마감재로는 7 mm 두

께의 강화마루 마감재가 사용되었다.

그림 6은 점탄성 제진재(damping material)과 완충재(resilient isolator)를 시공했을 때의 각 충격원별 충격음 레벨을 1/3 옥타브밴드로 표시한 결과이다. 제진재를 설치함으로써 인해 125 Hz 이하의 저주파수 대역에서 저감량이 큰 것으로 나타났다으며 뱅머신 및 임팩트볼 모두 동일한 결과가 나타났다. 반면 태핑머신의 경량충격음에 대해서는 레벨이 오히려 증가하는 현상이 나타났다. 그러나 이와 같은 구조의 경우에 바닥마감재를 연결재로 변경하였을 때, 1000 Hz에서 20 dB 이상 저감되어 효과적으로 표면마감재 변경으로도 충분히 경량충격음을 감소할 수 있는 것으로 나타났다.

그림 7은 저감재 종류에 따른 임팩트볼 중량충격음 특성을 나타내고 있다. 세로 축은 주파수(0~500 Hz, linear scale)을 나타내고 있으며 가로 축은 시간(0~2초)을 나타내고 있다. 제진재를 사용한 바닥구조의 충격음 감쇠가 완충재를 사용한 바닥 구조에 비해 보다 큰 것으로 나타났다. 또한 50 Hz주변의 충격음 레벨도 제진 구조에서 더 낮았으며 지속 시간도 더 짧은 것으로 나타났

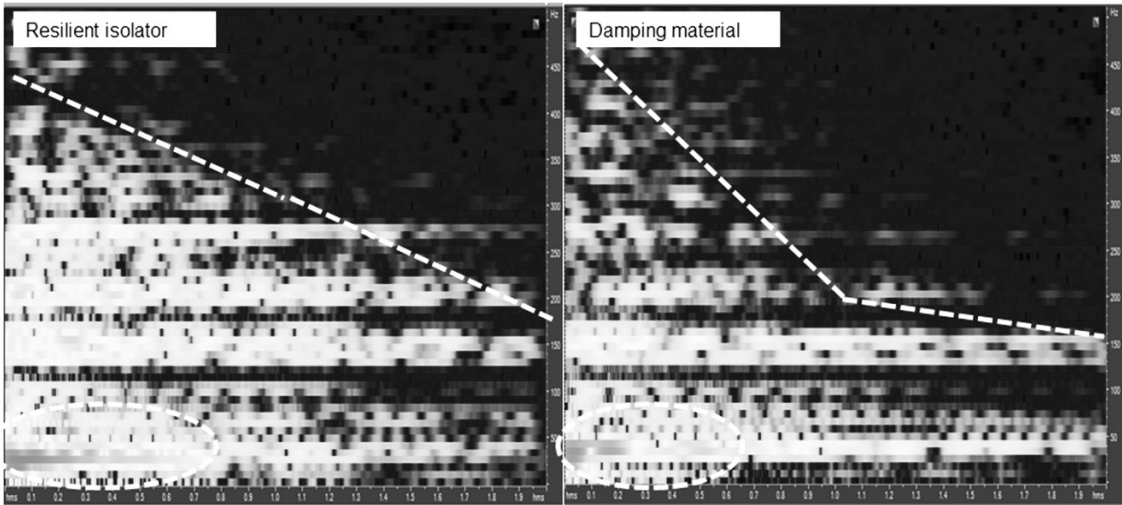


그림 7 저감재 종류에 따른 충격음 특성(x축:시간, y축:주파수, 음영:음압레벨)

다. 따라서 제진재를 사용했을 때, 단순히 음압레벨의 감소뿐만 아니라, 시간 영역에서의 충격음 감쇠효과도 큰 것으로 나타나 청감적인 충격음 개선효과가 큰 것으로 나타났다.

#### 4. 맺음말

2004년 법제화에 따라 완충재를 사용한 표준바닥구조가 공동주택 바닥구조에 도입되었고 그로부터 7년이 지난 시점에서 충격음 성능의 변화 및 입주자의 반응에 대해서 살펴보았다. 법제화 이후, 경량충격음에 대해서는 법적 기준치를 거의 모두 만족하였으며 최근에는 2등급의 성능수준을 갖는 경우도 있었다. 그러나 중량충격음의 경우에는 충격음 저감효과가 크지 않았고 이에 대한 입주자들이 실질적으로 체감하는 개선효과도 경량충격음에 비해 작은 것으로 나타났다. 따라서 중량충격음의 평가와 저감방안에 대한 현실적인 검토가 필요한 상황이다.

이 글에서 제안한 바와 같이, 중량충격원의 변경 및 다양한 저감구조의 검토에 대한 노력이 필요할 것으로 생각된다. 우선, 중량충격원으로 임팩트볼을 도입함으로써 저주파수 대역의 과도

한 충격력으로 인한 과도 설계 등의 문제점을 해결할 필요가 있다. 그리고 인정구조를 비롯해 본고에서 제안하고 있는 집탄성 제진재를 사용한 바닥구조 등을 현장에서 도입하기 위해서는 시공 비용상의 문제가 발생할 수 있다. 따라서 정부에서는 이와 같은 고성능의 바닥충격음 차단구조의 개발 및 적용을 장려하기 위한 인센티브 제도나 건설업체에 대한 가점부여 등의 정책 등을 통해 바닥충격음 저감기술을 적극적으로 유도할 필요가 있다.

한편, 이 글에서 구체적으로 언급되지 않았지만 기존 건축물의 소음진동 저감기술에 대한 관심을 가지고 신축 공동주택뿐만 아니라, 리모델링 공동주택 및 민원 세대에 대한 보수보강을 위한 소음진동 요소기술의 개발도 시급한 상황이다. 향후 이를 종합적으로 반영하여 공동주택 공급정책에 반영할 때 국민들의 정당한 환경구현 가능할 것이라 생각된다. **KSNVE**

\* 이 글의 일부는 2010년 국립환경과학원 ‘공동주택 층간소음 실태조사’의 내용을 포함하고 있음을 밝힙니다.