

PVC 바닥 마감재와 아이들 매트 의 바닥 충격음 및 충격력 저감

The Reduction of Floor Impact Noise and Impact Force Level of PVC Vinyl Floor coverings and Mats for Children

문대호† · 박홍근* · 송국곤** · 이철승**

Dae-Ho Mun, Hong-Gun Park, Guk-Gon Song, and Cheol-Seung Lee

Key Words : Floor covering(바닥 마감재), Mat(매트), Floor impact noise(바닥충격음), Heavy-weight floor impact noise(중량 충격음), Light-weight floor impact noise(경량충격음), Impact force spectrum(충격력 스펙트럼)

ABSTRACT

Floor coverings and Mats for children are economical and has excellent workability, as well as they can reduce floor impact noise effectively. When these floorings contact to impact source, they are deformed and change impact force characteristics that strikes floor structure. It is important to measure the impact force spectrum of floorings in order to evaluate reduction of floor impact noise for floorings. In experimental test of floor impact noise and impact force for 14 PVC vinyl floor coverings and 16 mats for children, we confirmed that the impact force spectrum directly related to the floor impact noise spectrum.

1. 서 론

주택용 바닥 마감재와 아이들 매트는 경제적이고 시공이 간단하여 거주자의 임의 시공을 통해 대부분의 경우 바닥 충격 소음을 효과적으로 저감시킬 수 있다. 이러한 바닥재 등을 이용하여 바닥 충격음을 저감시킬 수 있는 가장 근본적인 이유는 충격원이 바닥을 가진할 때 바닥재는 충격원과 직접 접촉하면서 바닥 구조체를 가진하는 충격력 특성(충격력 파형, 충격량 등)이 변하기 때문이다.

충격량(Impulse, \vec{I})은 힘(\vec{F})과 힘이 작용하는 시간(dt)의 곱으로 정의되며 충격력-시간 그래프의 면적과 같다. 에너지 보존법칙에 의해 충격원이 갖

고 있는 에너지는 일정하기 때문에 바닥재를 통해 힘이 작용하는 시간이 길어지면 일반적으로 힘의 최대 크기는 감소된다. 이 경우 힘이 작용하는 시간(충격력 지연시간, Duration time)이 길어질수록 충격력 스펙트럼의 충격력 분포는 저주파 대역에 집중되며 고주파 대역의 충격력 크기는 상대적으로 낮아지게 된다.

충격력 스펙트럼에 의한 바닥 충격음 저감 특성은 다음의 연구결과와 일치한다. 경량 충격음의 경우 송국곤⁽¹⁾과 김학천⁽²⁾의 연구결과에 의하면 PVC 비닐 계열의 바닥 마감재 등은 고주파 대역의 바닥 충격소음이 효과적으로 저감되어 2~13dB까지 경량 충격음 단일 수치 평가량을 저감시킬 수 있는 것으로 나타났다. 반면 중량충격음의 경우 송국곤⁽³⁾의 연구결과에 의하면 단일 수치 평가량을 저감시킬 수 없었지만 일부 저주파 대역에서 소음이 증가되는 현상이 발견되었다.

이와 같이 바닥재의 바닥 충격 소음 발생 특성은 충격력 스펙트럼 특성과 매우 밀접한 관련이 있으

† 교신저자; 정회원, 서울대학교 건축학과
E-mail : mundaeho@gmail.com
Tel:+82-02-880-7053, Fax:+82-02-882-7053
* 서울대학교 건축학과
** 한국건설생활환경시험연구원

며, 바닥재의 물성의 하나로 이러한 충격력 스펙트럼 변화를 파악하는 것은 향후 바닥충격음 저감을 위한 마감재 개발 및 바닥 충격음 저감 성능 평가에 있어 매우 중요하다.

본 연구에서는 바닥 충격음 측정을 통해 바닥 마감재와 아이들 매트와 경량 및 중량 충격원에 대한 바닥 충격 소음 저감 특성을 분석하였으며, 바닥재 하부로 전달되는 충격력을 계측하여 충격력 스펙트럼 변화와 바닥 충격음과의 관계를 파악하였다.

2. 실험 방법

시중에 판매중인 PVC 비닐 계열의 바닥 마감재 14종(두께 1.8~4.5mm)과 아이들 매트 16종(두께 12~40mm)에 대해 경량 충격음, 중량 충격음(임팩트볼), 그리고 충격력을 측정하였다.

바닥 충격음은 Fig.1과 같은 사각형 잔향실에서 측정하였으며 잔향실은 슬래브 두께 210mm, 벽체 두께 250mm로 되어있다. 바닥 구조는 맨바닥 콘크리트 슬래브 조건이다. Fig.1에 표시한 1~5번은 5개 수음점과 5개 가진점 위치를 나타내며, 가진점과 수음점 위치는 동일하다. 바닥 충격음은 KS F 2810, 2863에 따라 측정/평가 하였다. 바닥 충격음 측정시 바닥 마감재는 전체 바닥면에 설치한 후 실험하였으며, 아이들 매트는 가진 위치로 이동 시키면서 측정 하였다.

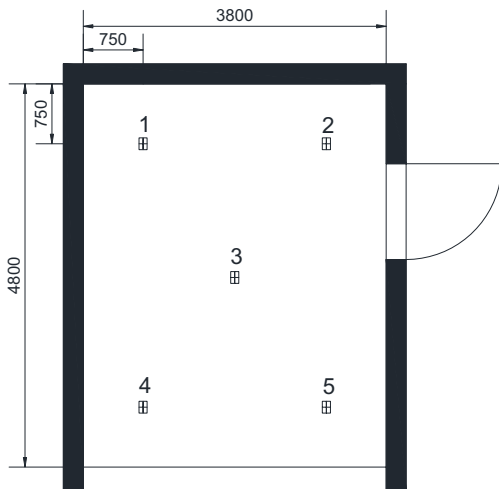


Fig.1 Test room plan and location of impact and receive point

Fig.2에 태핑머신과 임팩트볼의 충격력 측정 모습 사진을 나타내었다. 충격력 측정 장치는 3개의 힘센서와 지름 220mm, 두께 15mm의 알루미늄 원형 플레이트(상부), 그리고 지름 260mm, 두께 15mm의 원형 철판 플레이트(하부)를 결합하여 제작하였다. 충격력 측정 장치의 충격력은 3개 힘센서의 출력 신호를 합과 같으며 물리적으로 힘 센서의 출력 케이블을 직렬 연결하여 계측하였다.



Fig.2 Measurement of impact force for floor finishing materials

충격력 계측은 200mm×200mm 크기의 바닥 표면재 실험 시편을 충격력 측정 장치 위에 올려놓고 그 상부를 태핑머신과 임팩트볼로 가진 하여 시편 하부로 전달되는 충격력을 계측하였다. 충격력 측정시 시편의 두께를 고려하여 충격원의 낙하 높이를 동일하게 하였다. 태핑머신의 충격력은 5개 해머 중 가운데 해머만 남겨놓고 나머지 해머는 제거한 후 장치를 가동시키면서 측정 하였다.

충격력에 대한 주파수 분석은 충격력 시간이력을 8192Hz 샘플링 주파수로 디지털 레코딩하고 후처리 주파수 분석 소프트웨어를 이용하여 1/3 옥타브 밴드 패스 필터 분석 하였다. 충격력 스펙트럼은 시정수(Time constant) 느림(Slow, 1sec) 조건에서 스펙트럼 레벨의 최대값을 사용하였다.

3. 실험 결과

3.1 시편 두께에 따른 바닥 충격음 차단성능

Fig.3과 Fig.4는 각각 시편의 재질 및 두께에 따른 경량 충격원과 중량 충격원(임팩트볼)에 대한

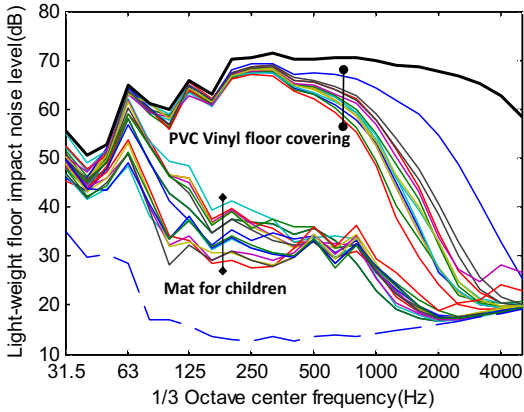


Fig.5 Light-weight floor impact noise on 1/3 octave band center frequency

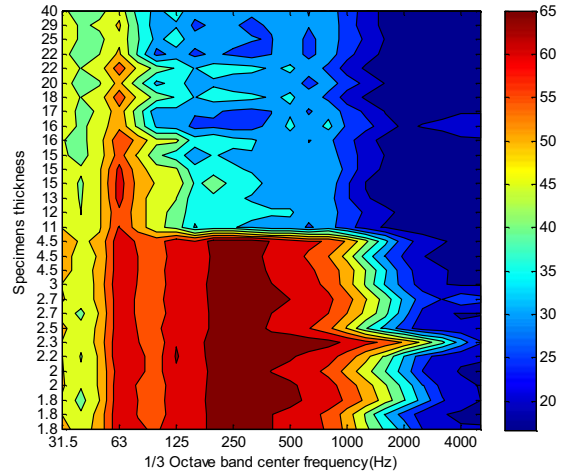


Fig.7 Light-weight floor impact noise for specimens thickness on 1/3 octave band center frequency

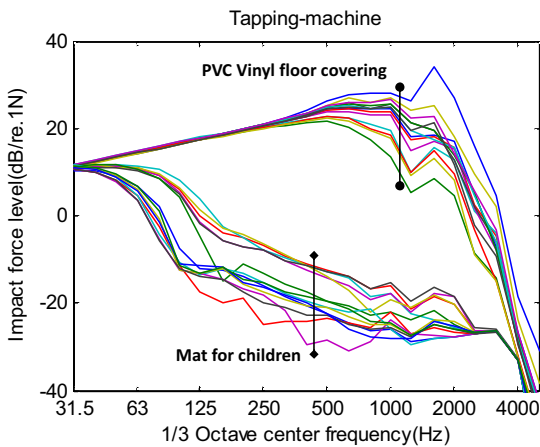


Fig.6 Impact force spectrum of light-weight impact source on 1/3 octave band center frequency

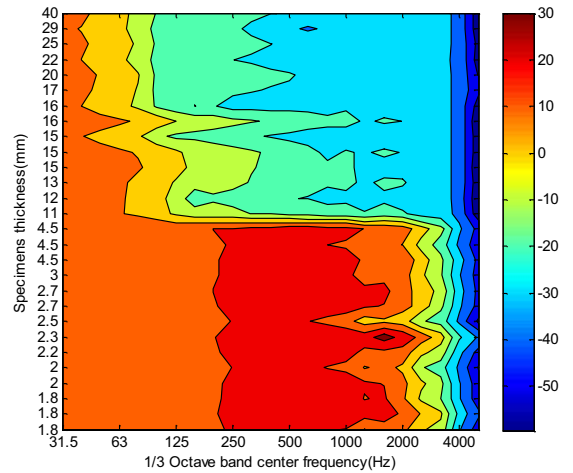


Fig.8 Impact force spectrum of light-weight impact source(Tapping-machine) on 1/3 octave band center frequency

Fig.7과 Fig.8에서 바닥 마감재의 두께에 따른 바닥 충격음 및 충격력의 저감 효과는 없었다. 충격력과 바닥 충격음 발생 관계에 대해서 주파수 대역별로 충격력이 크게 발생된 시편은 바닥 충격음도 증가되는 경향을 보였다. 예를 들어 두께 2.3mm의 바닥재의 경우 다른 바닥재에 비해 충격력이 약 2kHz에서 크게 나타났고 그에 따른 바닥 충격음도 동일한 주파수 대역에서 증가되었다.

아이들 매트도 경량 충격원에 대한 충격력과 바닥 충격음의 상관성은 명확하게 확인되지 않지만 두꺼운 매트가 얇은 매트에 비해 전 주파수 대역에 걸쳐 바닥 충격음 및 충격력이 낮게 나타나고 있다.

3.3 중량 충격원에 대한 바닥 충격음 및 충격원의 충격력 주파수 특성

Fig.9와 Fig.10은 각각 임팩트볼 중량 충격원에 대한 30개 시편의 바닥충격음 레벨과 충격력 레벨을 1/3 옥타브 밴드로 나타낸 그래프이며, 맨바닥 콘크리트 슬래브에 대한 중량 바닥 충격음은 굵은 실선으로 나타내었다.

바닥 마감재의 중량충격음 주파수 특성은 Fig.9에서 맨바닥 콘크리트 슬래브 대비 주파수 대역별로 2~3dB 까지 증감되는 편차가 있지만 바닥 충격음

분포 형태가 맨바닥 콘크리트 슬래브 조건과 유사하였다. 또한 Fig.10의 충격력 스펙트럼에서도 바닥 마감재에 의한 충격력 변화는 없는 것으로 나타나 바닥 마감재는 중량충격음 저감에 효과가 없는 것으로 분석되었다.

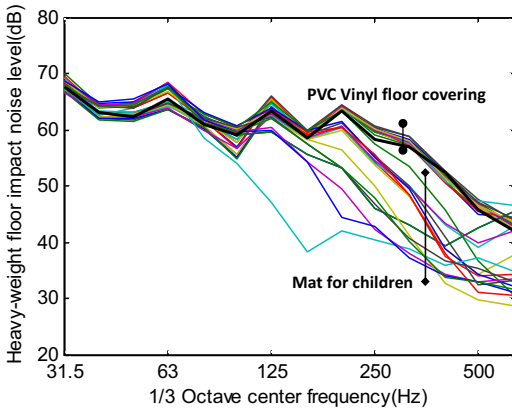


Fig.9 Heavy-weight floor impact noise on 1/3 octave band center frequency

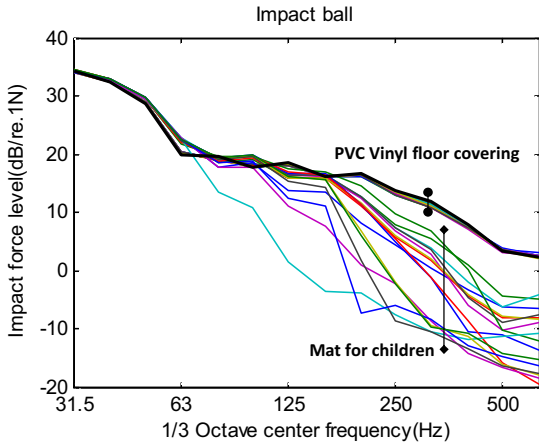


Fig.10 Impact force spectrum of heavy-weight impact source(Impact ball) on 1/3 octave band center frequency

아이들 매트와 중량충격음 주파수 특성은 Fig.9에서 맨바닥 콘크리트 슬래브 대비 31.5Hz~100Hz까지 증가되었으며 그 이상 주파수에서는 음압레벨이 효과적으로 저감되었다.

Fig.10에서 아이들 매트에 의한 충격력 스펙트럼도 Fig.9의 바닥 충격을 발생 특성과 유사하게 나타났다. 매트가 없는 조건 대비 31.5Hz에서의 충격력

크기는 유사하였지만 63Hz에서는 약 3dB 정도 충격력 레벨이 증가하였고 100Hz 이상에서는 충격력 레벨이 효과적으로 저감되었다.

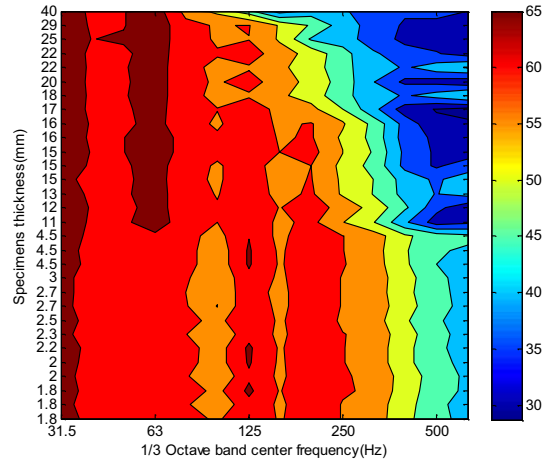


Fig.11 Heavy-weight floor impact noise level for specimens thickness on 1/3 octave band center frequency

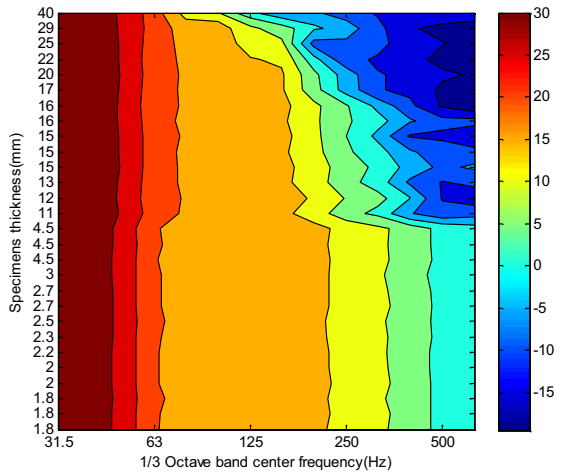


Fig.12 Impact force spectrum of heavy-weight impact source(Impact ball) on 1/3 octave band center frequency

Fig.11과 Fig.12는 각각 시편 두께에 따라 임팩트 볼 중량 충격원의 바닥 충격음 레벨과 충격력 레벨을 1/3옥타브에 대해 나타낸 그래프이다.

바닥 마감재는 두께에 따른 충격력 및 바닥 충격음 변화가 거의 없는 것으로 평가되었다. 반면 아이들 매트의 경우 두께가 증가할수록 고주파 대역의

충격력 및 바닥 충격음이 저감되었으며, 특히 매트 두께가 20mm 이상부터 충격력이 효과적으로 저감되는 것으로 나타났다. 63Hz이하 에서는 매트에 의해 충격력과 바닥 충격음이 다소 증가되었으며 두께에 따른 영향은 크지 않았다.

3. 결 론

14종의 바닥 마감재와 16종의 아이들 매트를 두께 및 재질에 따라 분류하고 경량 및 중량충격음을 측정하여 바닥 충격음 저감 성능을 파악하였으며, 주파수 영역에서 바닥 충격음과 충격력 스펙트럼을 비교하여 바닥 마감재의 충격력 스펙트럼 변화가 바닥 충격음에 어떠한 영향을 주는지 살펴보았다.

PVC 비닐 계열의 바닥 마감재는 경량충격원에 대해 500Hz 이상의 고주파 대역의 충격력을 효과적으로 저감시킬 수 있었으나 중량충격원에 대해서는 500Hz이하에서 충격력 저감 특성이 나타나지 않았다.

아이들 매트와 경량 충격원에 대해 충격력을 매우 효과적으로 흡수하여 31.5Hz~4000Hz까지 넓은 주파수 대역에서 충격력이 저감되었다. 특히 100Hz이상부터 충격력 저감 효과가 우수하게 나타났다. 중량 충격원에 대해서는 63Hz이하 저주파 대역의 충격력을 다소 증가시켰지만 100Hz 이상의 충격력을 효과적으로 저감시킬 수 있는 것으로 나타났으며 두께가 증가할수록 고주파 대역 충격력 저감 성능이 크게 나타났다.

바닥 마감재와 아이들 매트와 바닥 충격음 주파수 특성은 충격력 스펙트럼 변화 특성과 매우 유사하게 나타났다. 그 이유는 맨바닥 콘크리트 슬래브 조건이 구조-음향 시스템의 선형 조건을 만족하기 때문이다. 맨바닥 콘크리트 슬래브의 진동 또는 음향 응답은 탄성영역에서 발생하며 그 응답에 영향을 주는 변수가 적기 때문에 시스템의 인풋과 아웃풋인 충격력 스펙트럼과 음압 스펙트럼은 주파수 영역에서 선형이다. 따라서 표면 마감재로 인해 충격력 스펙트럼이 변하게 되면 그에 따른 바닥 충격음 스펙트럼이 같은 비율로 변하게 된다.

이와 같은 선형 시스템에서는 바닥재의 충격력 스펙트럼 저감 성능은 곧 바닥 충격음 저감 성능과 일치하게 된다. 선형 시스템에서는 바닥재의 충격력

스펙트럼 측정만으로 가속도 주파수 응답함수 또는 음향 주파수 응답함수 등을 이용하여 그에 따른 가속도 및 음압 응답을 예측할 수 있어 실질적인 값으로 바닥재의 바닥 충격음 저감 성능을 평가할 수 있다.

국내 공동주택에 사용되는 완충재가 삽입된 뜬바닥 구조 조건에서는 바닥재의 바닥 충격음 저감 성능이 본 연구결과와 다르게 나타날 수 있다. 뜬바닥 구조는 기본적으로 고주파 대역 바닥 충격음 저감 성능이 우수하기 때문이다.

하지만 뜬바닥 구조가 사용되지 않은 2005년 이전(바닥 충격음 법제화 이전)에 지어진 공동주택을 포함하여 일반 주택 및 다세대 주택 등 바닥 충격음 저감을 위한 요구는 계속 발생되고 있다. 바닥 충격음을 저감시킬 수 있는 바닥재 개발은 이러한 요구를 충족시킬 수 있는 하나의 대안이 될 수 있으며 이 경우 바닥재의 충격력 스펙트럼 특성은 바닥 충격음 저감을 위한 바닥재 개발의 설계도구로 충분히 활용될 수 있다.

참 고 문 헌

- (1) Guk-Gon Song, Hyun-Ku Park, Tai-Gang Lee, Jin-Sung Kim and Sun-Woo Kim, 2008, An Experimental Study on the reduction of Lightweight Impact Sound by Floor coverings in Apartment, Proceedings of the KSNVE Annual Fall Conference, pp. 433-434.
- (2) Hak-Cheon Kim, Yong-Gil Kim, Snag-Shul Kim, Hyun-Lyul Lee, Huang-Ho Cho, 2008, Evaluation of Floor Impact Sound by Floor Coverings in Standard Test Building, Proceedings of the KSNVE Annual Fall Conference, pp. 349-340.
- (3) Guk-Gon Song, Cheol Seung Lee and Eun Soo Choi, 2013, Floor Impact Sound Reduction of Floor Coverings, Proceedings of the KSNVE Annual Fall Conference, pp. 384-385.
- (4) Kenneth, G. M., 1995, Vibration Testing, John Wiley & Sons, Inc., New York.