

실험조건에 따른 임팩트 볼의 바닥충격음 변화 고찰

Floor Impact Noise Characteristics Depending on the Experimental Conditions Using Impact Ball

이 원 학*, 한 찬 훈**
(Won-Hak Lee*, Chan-Hoon Haan**)

*한국건설기술연구원 건축계획환경연구소, **충북대학교 건축공학과
(접수일자: 2010년 12월 20일; 수정일자: 2011년 1월 14일; 채택일자: 2011년 2월 19일)

본 연구의 목적은 일본의 표준 중량충격원인 임팩트 볼을 국내의 표준중량충격원으로 도입시 바닥충격음 실험에 있어서 정확성에 대해 실험을 통해 알아보고자 했다. 이를 위하여 임팩트 볼을 이용하여 낙하 높이별, 가진위치를 바꾸어서, 수음점 높이에 대한 논의를 진행하였고, 임팩트 볼을 이용한 바닥충격음을 측정하고 이를 실제 충격원인 뛰는 충격음과 비교하여 실제 충격음과 가장 유사한 낙하 높이에 대한 검토를 실시하였다. 또한 일본 주택에서 주로 사용되고 있는 목구조와 국내 공동주택의 기본 구조인 콘크리트 구조에서의 바닥충격음 특성차이를 알아보기 위해 실험실에서 같은 조건으로 시험을 실시하여 시공재료 및 구법에 따른 차이를 알아보고자 하였다. 이에 대한 결과는 목구조에서는 낙하 높이가 10 cm에서 30 cm사이의 충격음이 실제 충격음과 비슷한 음압레벨을 갖는 것으로 나타났고 콘크리트 구조에서는 유사한 음압의 높이는 없었다. 또한 사람이 임팩트 볼을 운용하면서 표준낙하높이를 기준으로 상·하 10 cm 높이차로 생기는 오차는 역 A특성 값에서 약 1 dB이하 정도로 작은 오차를 나타내긴 하지만 우리나라에 표준 중량충격원으로 도입할 때에는 다양한 콘크리트 바닥구법에 따른 바닥충격음의 특성에 따른 적합한 임팩트 볼의 낙하 높이 및 측정 마이크로폰의 높이에 대한 고려는 신중히 하여야 한다.

핵심용어: 바닥충격소음, 임팩트 볼, 목조 바닥구조, 콘크리트 바닥구조

투고분야: 건축음향 분야 (7.3)

In Japan, bang machine has been considered to have problems about not only the impact force and frequency response which are different from the real impact sources such as children's jumping and running, but also damage in the wooden structure housing. Therefore, a new impactor for lower impact force to prevent damage in wooden structure housing was developed. The impact ball was adopted as the second standard impact source in JIS A 1418-2 and ISO 140-11. In the present study, floor impact sounds generated by impact ball with drop heights in four floors of mock-up building of Building Research Institute (BRI) similar to typical Japanese wooden structure housing were investigated and also compared to jumping sound. The results show that Impact ball sound dropped at 10 cm to 30 cm was most similar to jumping sound. And The impact sound levels at 250 and 500 Hz were more sensitive to drop height than other lower frequencies. The error that may occur from the difference of height of 10 cm up and down based on the standard drop height caused by the impact ball operated by human hands was approx. 1 dB or less only in its value of characteristic, but it must be carefully taken into Impact ball in the Korea Standard.

Keywords: Floor Impact Noise, Impact Ball, Wooden Floor Structure, Concrete Floor Structure

ASK subject classification: Architectural Acoustic (7.3)

I. 서론

우리나라의 공동주택에 있어서 바닥충격음에 대한 문제는 끊임없이 제기되어오고 있다. 최근에는 아래 윗집 간의 소음관련 분쟁으로 인해 환경분쟁조정위원회를 통해 해법을 모색하는 경우가 다수 발생되고 있으며 이와 같이 합법적인 방법이 아닌 폭력사태로 그 해결방법을 찾는 경우까지 발생하고 있어 사회적 문제가 되고 있는 것이 사실이다. 이는 객관적인 지표에서 명확히 들어나는데 환경분쟁조정위원회의 전체 분쟁건수 중 약 83%가량이 소음·진동에 관한 분쟁으로 이 중 바닥충격음에 관한 민원이 다수가 포함되어 있다고 파악되었다 [1].

그리하여 주택건설기준등에 관한 규정 제 14조 제 3항을 2003년 4월 22일 구체적인 성능기준을 개정하여, 1년의 유예기간을 거친 후 2004년 4월 22일 이후에 사업승인 신청을 하는 공동주택에 대하여 이를 적용하는 것으로 하였으며, 현행의 벽식 구조의 성능한계로 경량충격음에 대한 기준만 먼저 시행하고, 중량충격음에 대한 기준은 2005년 7월 1일부터 시행하는 것으로 개정하였다 [2]. 또한 2006년 1월 9일 이후부터 주택성능등급표시제도가 시행됨에 따라 바닥충격음에 대해 1급부터 4급으로 표시하도록 하고 있으며 최근 분양가 상한제 관련하여 가산비용 기준에 있어서 바닥충격음 부분에서 가장 많은 점수를 배정하는 등 제도적으로도 바닥충격음의 중요성 및 성능 개선을 유도하고 있다.

바닥충격음에 관련된 분쟁을 합리적으로 해결하기 위해서는 바닥충격음을 저감할 수 있는 구조 개발과 이 구조의 차음성능을 객관적이고 거주자가 쉽게 이해할 수 있는 방법이 있어야한다. 이를 위해 실제 공동주택에서 발생하는 바닥충격 소음으로 평가하는 방법이 가장 객관적으로 실 거주자의 이해가 쉽지만 실제 바닥충격음의 재현성과 그에 따른 제반 사항의 부족으로 어렵기 때문에 실제 바닥충격음을 가장 잘 재현할 수 있는 충격원을 선정하는 것이 중요하다. 하지만 현재 표준 중량충격원으로 규정되어 있는 뱅머신의 충격특성이 실제 공동주택에서 주로 발생하는 어린이 충격특성(나이는 6~9세에 평균 25 kg 몸무게를 지닌 어린이가 30 cm 높이의 의자에서 뛰어내릴 시에 생기는 충격 특성)과 다르다는 것이다. 뱅머신의 충격력은 실제충격원보다 63 Hz에서 과도하게 평가되어 표준충격원으로 사용하기에는 충분한 검토가 필요하다. 또한 우리나라와 달리 목구조를 사용하는 일본에서는 뱅머신의 충격력으로 인하여 목구조가 손

상이 오는 피해가 발생되어 Tachibana에 의해 제안된 임팩트 볼을 새로운 충격원으로 제안하였고 [3] 일본의 JIS에서 중량충격원으로 규정되어있는 임팩트 볼 사용의 타당성과 물리적 특성 등을 검토할 필요가 있다.

따라서 이 논문에서는 임팩트 볼을 중량충격원을 사용하여 실험방법에 따른 바닥충격음의 변화를 알아보고자 한다. 또한 실제 일본의 목조건물에서 임팩트 볼로 가진한 바닥충격음과 실제 충격원으로 가진한 바닥충격음과의 비교를 통해 임팩트 볼의 타당성을 보이고 우리나라 공동주택의 바닥구조인 콘크리트 바닥구조에서 같은 실험방법을 통하여 임팩트 볼이 우리나라의 표준충격원으로 도입가능성을 확인해보고 목구조와 콘크리트구조의 바닥충격음의 물리적 차이를 알아보고자 한다.

II. 임팩트 볼의 특성

중량충격원인 임팩트 볼에 대한 사전연구결과로는 정정호 등의 논문 [4]와 전진용 등의 논문 [5]에서 우리나라의 공동주택에서 발생하는 주된 충격음인 어린이들이 뛰고 달릴 때의 충격력에 비해 표준중량충격원인 뱅머신의 충격력이 63 Hz대역에서 높게 형성되어 표준중량충격원의 충격력이 저주파수대역에서 과도함을 나타내고 있었다. 이에 반해 임팩트 볼의 충격력은 뱅머신보다 저주파수 대역에서 낮게 형성되었으며, 이는 실제 충격원인 어린이(나이는 6~9세에 평균 25 kg 몸무게를 지닌 어린이가 30 cm 높이의 의자에서 뛰어내릴 시에 생기는 충격 특성, 이하 실제충격원)이라 함의 충격력과 유사한 것으로 나타났다.

일본에서는 처음 표준중량충격원으로 선정된 뱅머신의 과도한 충격력에 의해 바닥중량충격음 실험시 목구조가 손상이 발생하는 일이 있어 이를 피하기 위해 나이는 6~9세에 평균 25 kg 몸무게를 지닌 어린이가 30 cm 높이의 의자에서 뛰어내릴 시에 생기는 충격력을 재현하는 임팩트 볼을 개발하여 현재 표준 중량충격원으로 사용하고 있다. 이번 실험에서 JIS A 1418-2에 규정된 형태, 질량 등과 동일한 임팩트 볼을 이용하여 바닥충격음을 측정하였다. JIS A 1418-2에 규정된 임팩트 볼은 2.5 ± 0.1 kg, 지름 185 mm의 중공구형태로 외형의 두께는 30 mm로 구성되어 있고 임팩트 볼이 낙하 높이 1 m에서 자유낙하 하여 바닥을 충격할 때 충격시간은 20 ms정도이다. 아래의 표 1은 임팩트 볼과 뱅머신의 물리적인 특징을 비교한 것이다.

표 1. 임팩트 볼과 뱅 머신 비교

Table 1. Comparison of features between impact ball and bang machine.

| 무게 | 임팩트 볼 2.5 ± 0.1 kg | 뱅머신 | |
|--------|-----------------------|------------------|-----------------------|
| | | 타이어 뱅머신 | 7.3 ± 0.2 kg 20 kg |
| 측정소요인원 | 2명 | 3~4명 | |
| 낙하높이 | 1 m에서 자유낙하 | 85 cm에서 기계적 타격 | |
| 전기사용 | 필요 없음 | 요구됨 | |
| 유지보수 | 필요 없음 | 타이어 공기압 주기적 관리요구 | |
| 구조손상여부 | 없음 | 목구조에서 손상 | |

III. 실험 개요

이번 실험은 JIS A 1418-2 [6]에 규정된 임팩트 볼을 이용하여 콘크리트 바닥구조 (습식, 반건식구조) 실험은 국내의 한국기계연구원 (KIMM)의 실험동 (ISO 3741의 규정대로 구성된 체적 87.7 m³의 실험동, Mock-up 실험 바닥판 크기 L × D: 2.5 m × 4.0 m)에서 실시하였고 목조 바닥구조는 일본주택연구소 (BRI) 실험동 (L × D × H: 2.7 m × 3.6 m × 2.7 m)에서 실시하였다.

그림 1과 같이 콘크리트 바닥구조는 국내에서 현재 시공되고 있는 구법인 습식바닥구조와 반건식 바닥구조를 실험하였으며, 목조 바닥구조 타입은 일본에서 기본적으로 사용하는 구법인 Flooring Plywood, Reinforced Gypsum Board 그리고 Structural Plywood로 구성된 구조로 실험을 실시하였다.

본 실험은 임팩트 볼을 활용하여 실험할 때 실험 방법에 따른 실험 결과의 정확성에 대해 파악을 하기 위해 실험 방법의 조건을 임팩트 볼 낙하 높이 차이, 가진 위치 변화, 수음점 위치 변화를 주고 실험하였다. 이러한 실험의 목적을 달성하고자 목구조에서와 콘크리트구조에서의 실험조건을 동일하게 하기 위해서 가진점은 중앙을 포함하여 각 모서리 4개점 총 5개점으로 하였고 한 지점에서 각 낙하 높이별로 10회 가진한 평균 음압으로 산출하였다. 수음점 높이는 JIS와 KS기준에 따라 그림 2와 같이 하였다. 추가적으로 중앙에서 수음점 높이를 60 cm 로하여 수음하였다.

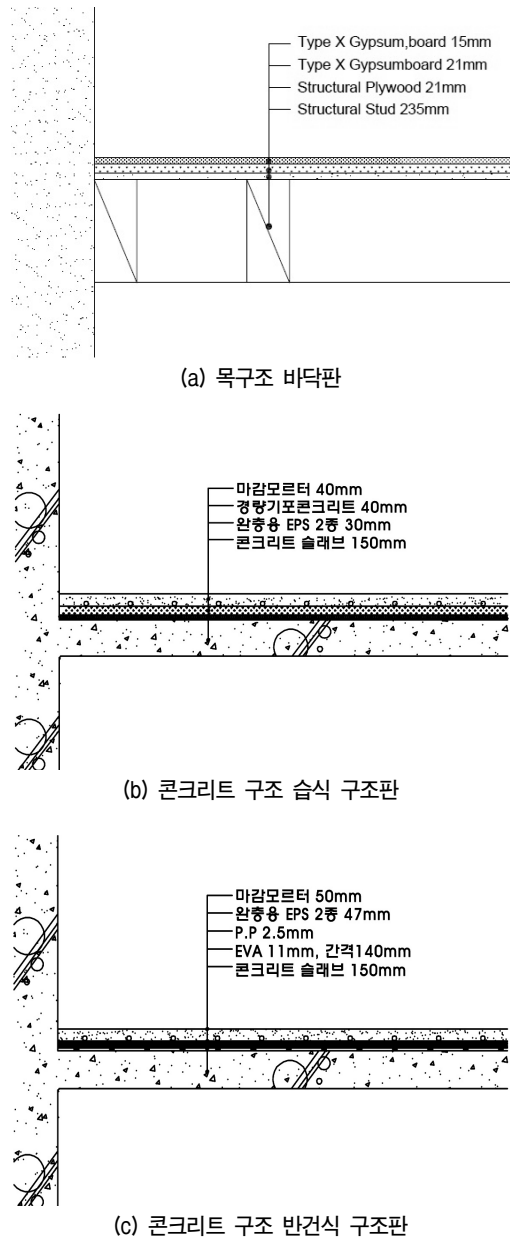


그림 1. 각 실험판 단면도
Fig. 1. Section of Experiment Mock-up Floor.

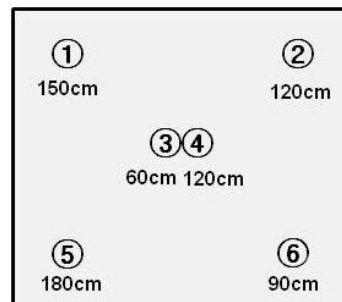


그림 2. 수음점 위치와 마이크로폰 높이 (JIS 마이크로폰 높이 표시, KS는 120 cm)
Fig. 2. Measurement points and height of microphones.

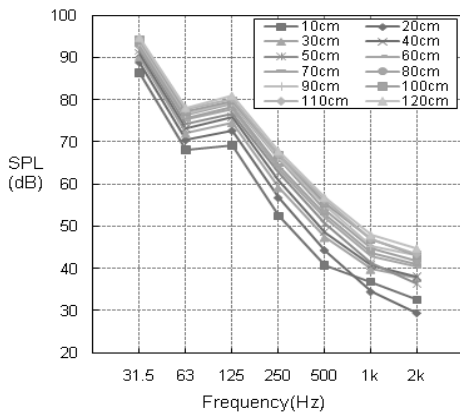


그림 3. 낙하 높이에 따른 음압레벨
Fig. 3. Floor impact sound pressure level in octave band by drop height of impact ball on wooden structure.

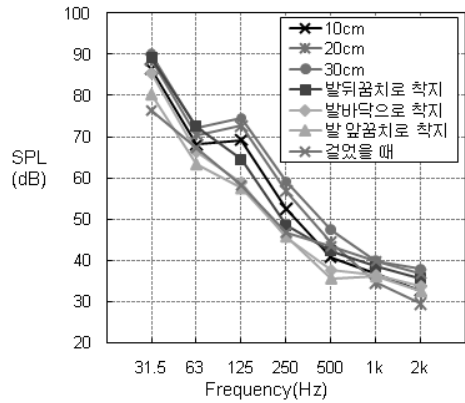


그림 5. 목조바닥구조에서 임팩트 볼 바닥충격음과 보행 및 뛰었을 때의 바닥충격음을 비교
Fig. 5. Comparison of Sound press Level by Impact Ball, Jumping and Walking on Wooden Floor.

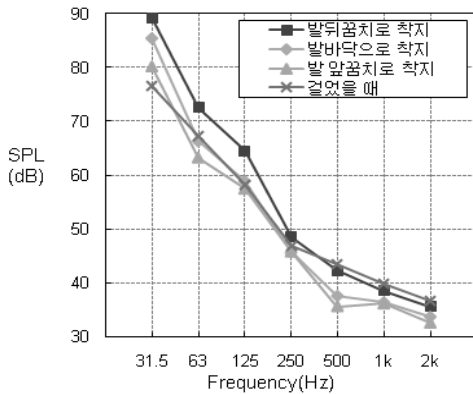


그림 4. 목조바닥구조에서의 보행과 뛰었을 때의 바닥충격음
Fig. 4. Sound press Level of Jumping and Walking.

그림 5와 같이 높이별 임팩트 볼의 음압레벨과 점프와 보행의 바닥충격음 음압을 비교해본 결과 임팩트 볼 낙하 높이가 10 cm~30 cm에서와 제자리에서 뛰는 행위의 음압과 보행에 의한 바닥충격음 음압레벨이 가장 비슷하게 나타났다.

4.1.2. 콘크리트구조 음향 실험동에서 임팩트 볼을 이용한 낙하 높이별 바닥충격음 측정결과

목조 주택 실험동에서의 같은 실험방법으로 콘크리트 구조 음향 실험동에서 똑같은 방법을 실험하였고, 콘크리트구조 음향실험동에서는 일반적으로 공동주택 시공 시 사용되는 두 가지 구법인 습식바닥구조와 반건식 바닥구조를 모두 구성하여 실험을 실시하였다. 구성한 시편의 단면도는 그림 1과 같다.

그림 6과 그림 7은 콘크리트구조에서 임팩트 볼을 사용하여 낙하높이에 따른 바닥충격음 음압레벨 측정 결과이다.

그림 6과 그림 7에서 보는 바와 같이 콘크리트 구조에서도 시공구법에 따라, 습식구조와 반건식 구조의 바닥충격음 측정결과가 다른 양상을 나타내고 있다. 습식구조는 저주파수인 63 Hz를 변곡점으로 100 Hz까지 급격하게 떨어지는 반면, 반건식 구조에서는 중량충격음에서 가장 중요한 63 Hz에서 음압이 가장 크게 나타났으며, 2K Hz까지 일정한 기울기로 음압이 낮아졌다.

그림 8은 전진용의 논문 [6]에서 콘크리트 구조에서의 나이는 6~9세에 평균 25 kg 몸무게를 지닌 어린이가 30 cm 높이의 의자에서 뛰어내릴 시 생기는 충격력의 바닥충격음에 대한 사전 실험결과를 발췌한 것이다.

IV. 임팩트 볼을 이용한 낙하 높이별 바닥충격음 측정결과

4.1. 낙하 높이에 따른 음압 레벨

4.1.1. 목조주택 실험동에서 임팩트 볼을 이용한 낙하 높이별 바닥충격음 측정결과

그림 3은 일본 목조주택 실험동에서 임팩트 볼을 활용하여 낙하높이에 따른 바닥충격음을 실험한 결과이다. 목조주택은 나무로 지어진 경량구조물로 임팩트 볼을 활용한 중량바닥충격음 측정에서 3.15 Hz와 63 Hz 대역에서 최고 96 dB의 높은 음압을 나타냈다.

임팩트 볼의 바닥충격음압과 실제 사람이 뛰었을 때 음압을 비교하기 위해 목조주택 실험동에서 65 kg의 남성이 약 10 cm~15 cm의 높이로 세계 뛰었을 때 (발뒤꿈치로 착지), 중간으로 뛰었을 때 (발바닥으로 착지), 약하게 뛰었을 때 (발 앞꿈치로 착지) 그리고 걸을 때의 음압레벨을 측정하였고 측정결과는 그림 4와 같다.

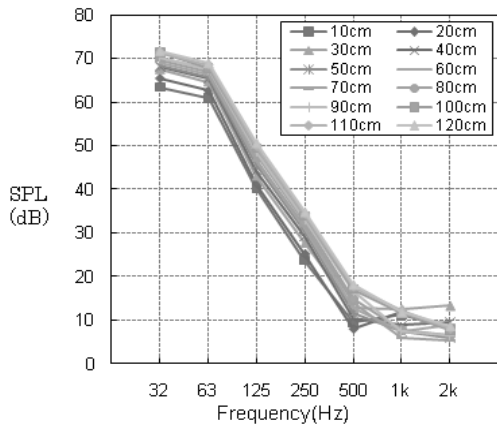


그림 6. 임팩트 볼로 가진한 습식 콘크리트구조에서의 바닥충격음
 Fig. 6. Floor impact sound pressure level by drop height of impact ball on concrete structure of wet-type.

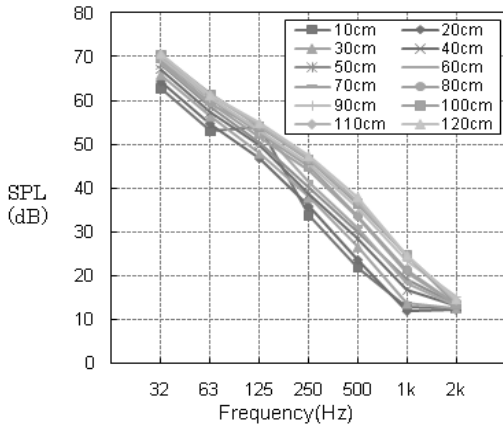


그림 7. 임팩트 볼로 가진한 반건식 콘크리트구조에서의 바닥충격음
 Fig. 7. Floor impact sound pressure level by drop height of impact ball on concrete structure of half dry-type.

그림 9는 전진용의 논문 [6]에서 발췌한 바닥충격음 음압레벨 결과인 그림 8과 콘크리트 습식 바닥구조에서 임팩트 볼을 활용하여 낙하높이별로 측정된 음압레벨 결과인 그림 6과의 비교한 결과이다. 아이들이 달릴 때의 바닥충격음 음압레벨과 임팩트 볼이 100 cm~120 cm의 높이에서 떨어질 때 63 Hz에서 음압레벨이 유사함을 나타냈고 아이들이 제자리에서 뛰었을 때의 바닥충격음 레벨은 임팩트 볼이 20 cm~30 cm의 높이에서 떨어질 때 63 Hz에서 음압레벨에서만 유사함을 나타냈지만, 다른 주파수 대역에서는 음압레벨의 차이를 많이 보였다. 이는 실험실 구조 차이에서 생기는 차이이다. 이를 보완하기 위해 향후 다양한 공동주택의 바닥구조 및 표준 실험실에서 동일 조건으로 실험을 실시하여 주파수 별 실제 바닥충격음 및 임팩트 볼의 기준 음압을 제시하려고 한다.

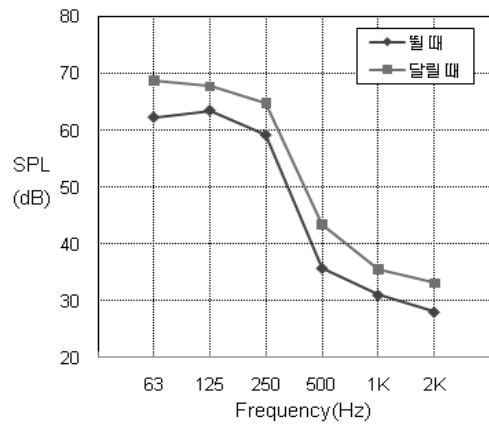


그림 8. 평균 26 kg 아이의 보행과 달릴 때, 표준 충격원 사용에 대한 바닥충격음
 Fig. 8. Frequency Characteristics of Real Impact Sounds Generated by a 26-kg Child and by Standard Impactors on Concrete Slab (Source: Review of the Impact Ball in Evaluating Floor Impact Sound, J.Y. Jeon et al., 2006).

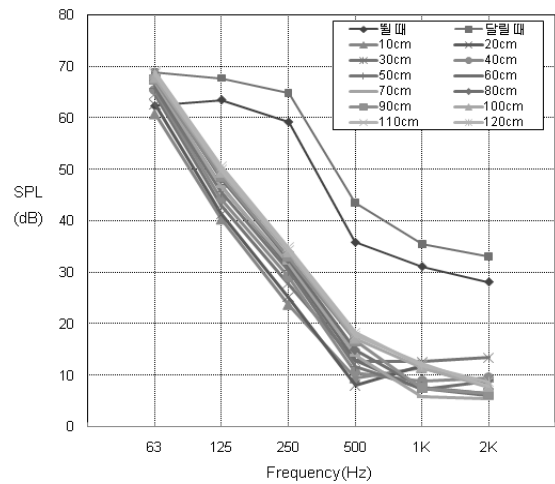


그림 9. 콘크리트 바닥구조에서 임팩트 볼 바닥충격음과 보행 및 뛰었을 때의 바닥충격음 비교
 Fig. 9. Comparison of Sound press Level by Impact Ball, Jumping and Walking on Concrete Floor.

4.2. 낙하 높이별 저주파수 대역의 음압 레벨

임팩트 볼의 낙하높이별 음압레벨을 중량충격음 평가 대역 63~500 Hz만 보면, 목구조에서는 그림 10에서 보이는 바와 같이 낙하높이 10~50 cm의 250 Hz와 500 Hz 대역 음압레벨이 63 Hz와 125 Hz 대역에 비해 낙하 높이가 높아질수록 민감하게 음압이 상승하는 것을 볼 수 있다. 250 Hz와 500 Hz대역은 중량충격등급을 평가하는 중심 주파수 대역이기 때문에 목구조에서 임팩트 볼을 활용한 바닥충격음 실험시에는 낙하높이의 정확성을 유념하여 실험을 실시하여야 한다.

위와 같이 임팩트 볼의 낙하높이를 10 cm~120 cm까

지 10 cm간격으로 낙하 높이를 높여가면서 콘크리트 구조에서 바닥충격음 변화를 측정하였다. 그림 11에서 보이는 바와 같이 습식구조에서는 임팩트 볼의 낙하높이가

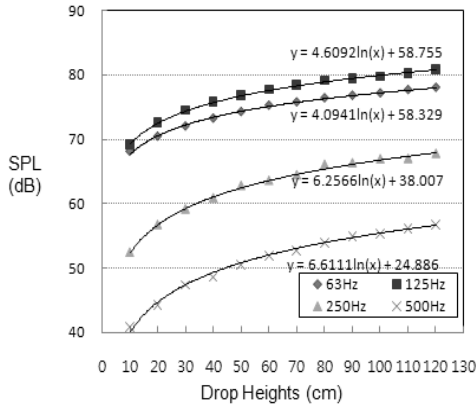


그림 10. 목구조구조에서의 임팩트 볼 낙하높이별 바닥충격음
Fig. 10. Floor impact sound pressure level for each octave band with drop height of impact ball.

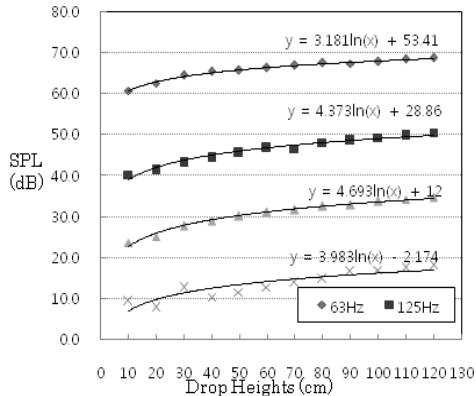


그림 11. 습식 콘크리트구조에서의 임팩트 볼 낙하높이별 바닥충격음
Fig. 11. Floor impact sound pressure level by drop height of impact ball on wet-type concrete structure.

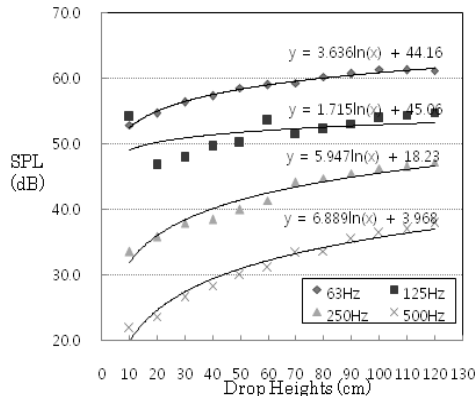


그림 12. 반건식 콘크리트구조에서의 임팩트 볼 낙하높이별 바닥충격음
Fig. 12. Floor impact sound pressure level by drop height of impact ball on half dry-type concrete structure.

상승하는데 따라 중량충격음 중심주파수 대역인 63 Hz~500 Hz 대역에서 완만한 기울기로 음압이 커지는 것을 알 수 있다. 이에 반면 그림 12와 같이 반건식 구조에서는 63 Hz와 125 Hz대역에서는 전반적으로 완만한 기울기로 음압이 상승하였으나, 유독 250 Hz와 500 Hz대역에서 낙하높이가 높아짐에 따라 다른 주파수와 달리 음압도 급하게 높아지는 것을 볼 수 있었다.

임팩트 볼을 표준 중량충격원으로 도입시에는 우리나라 공동주택의 기본 구조인 콘크리트 구조에서 습식 및 반건식 바닥 구법에서 실험적 오차를 줄이기 위해서는 임팩트 볼이 일정한 높이에서 자유낙하 할 수 있도록 하는 실험 보조 장치의 개발 및 도입에 대해서 고려해봐야 할 것이다.

4.3. 수음점 높이에 따른 낙하높이별 바닥충격음 음압 레벨

임팩트 볼을 사용시에도 수음점의 높이에 따른 바닥충격음 음압차이를 알아보기 위해 중앙부의 수음점을 60 cm와 120 cm로 각각 놓고 동시에 측정하였다.

그림 13에서 나타난 것과 같이 측정결과 수음점 높이 120 cm에서 측정한 결과를 보면, 63 Hz와 125 Hz의 음압이 역전된 것을 볼 수 있었고 63 Hz대역의 음압을 보면 수음점 높이 120 cm의 측정결과와 60 cm의 결과 음압과 약 5 dB정도 차이 나는 것을 볼 수 있다. 수음점에 따른 음압변화가 달라지는 현상이 발견됨에 따라 수음점의 높이를 120 cm에서 한정하는 것 보다는 JIS기준처럼 다양한 수음점의 높이에서 측정한 바닥충격음 음압레벨에 대한 평균값으로 고려해봐야 한다.

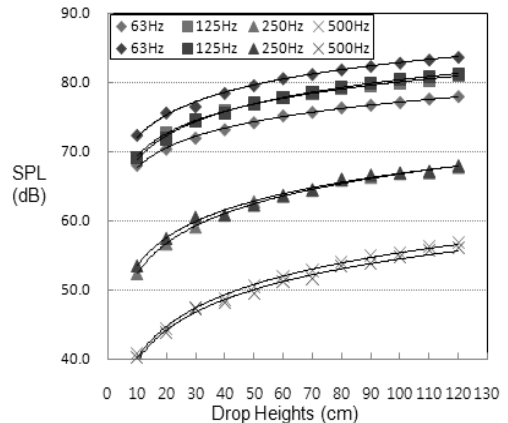


그림 13. 수음점 높이에 따른 낙하높이별 바닥충격음
Fig. 13. Floor impact sound pressure level at the low frequencies by the drop height of impact ball.

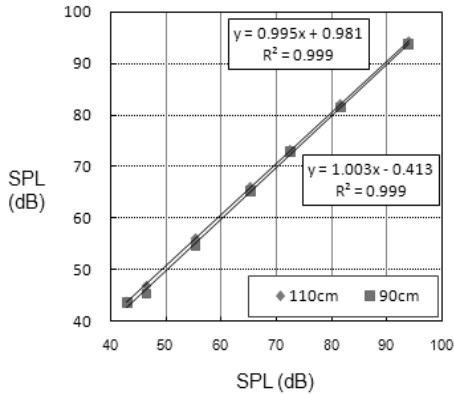


그림 14. 목구조에서 낙하 높이 1 m과 110 cm, 90 cm와의 상관 관계
 Fig. 14. Consideration on the accuracy of standard drop height on Wooden Floor.

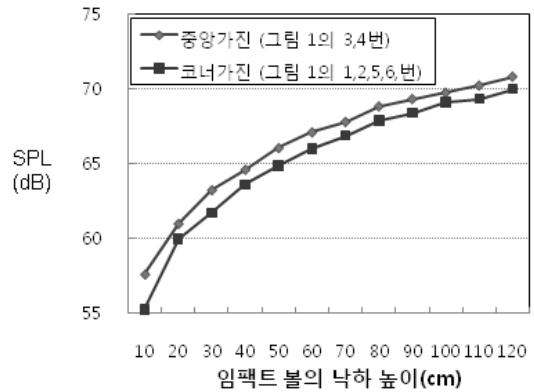


그림 15. 가진 위치의 변화에 따른 낙하높이별 음압레벨
 Fig. 15. Consideration on the accuracy of the exciting position for the drops.

4.4. 표준 낙하 높이의 정확성에 대한 고찰

일본에서 표준 중량충격원으로 정해진 임팩트 볼은 사람이 운용하기 때문에 기계적으로 움직이는 뱅머신에 비하여 기준 낙하 높이의 정확성이 떨어질 수 있다.

콘크리트 구조에서는 JIS의 기준 낙하높이인 1 m에서 상하로 10 cm의 차이를 두고 실험한 바닥충격음의 음압레벨은 평가하기 힘들 정도로 미세한 차이만 있어서 낙하 높이에 따른 바닥충격음 음압레벨의 변화가 나타나는 일본의 목구조에서의 실험결과를 갖고 평가 해보았다.

그림 14에서 보이는 바와 같이 차이가 1 dB이하 밖에 나지 않는 것으로 보여 일단 JIS의 기준 낙하높이에서는 사람이 운용하면서 생기는 미세한 임팩트 볼 낙하 높이 차이에 따른 바닥충격음 음압레벨의 변화에 대해서 무시할 수 있다고 판단된다.

4.5. 임팩트 볼 낙하지점의 정확성에 대한 고찰

위에서도 언급했듯이, 임팩트 볼은 사람이 운용하기 때문에 사람 손에서 떨어져 임팩트 볼이 자유낙하면서 생기는 가진점에 대한 오차가 생길 수 있는데 이런 오차를 확인하기 위하여 극단적으로 중앙에서 가진한 것과 코너에서 가진한 바닥충격음압을 비교하여 보았다.

콘크리트 구조에서는 음압레벨 차이가 극히 미세해서 찾을 수 없었고, 목구조에서의 실험 결과인 그림 15에서와 같이 낙하 높이 10 cm에서는 약 2 dB, 20 cm 이상에서는 약 1 dB 차이가 나는 것을 볼 수 있다. 극단적으로 임팩트 볼을 중앙가진 (그림 1의 3, 4번 지점)한 결과와 코너 (그림 1의 1, 2, 5, 6번 지점)에서 가진한 결과를 비교해보면, 임팩트 볼이 자유낙하에 의한 미세한 가진위치의 변화에 대해서는 무시해도 괜찮으리라 판단된다.

V. 결론

일본의 표준중량충격원인 임팩트 볼을 활용하여 바닥충격음을 측정하였을 때 생길 수 있는 실험적 오류를 알아보기 위해 일본주택연구소의 목조 주택 실험동과 국내 기계연구원의 실험동 실험한 결과는 다음과 같다.

- (1) 목구조에서는 실제 충격원인 뒤는 충격음과 임팩트 볼의 낙하 높이 10 cm에서 30 cm 사이에서 떨어지는 바닥충격음 음압레벨 및 주파수특성이 비슷하게 나타났으나, 콘크리트 구조에서 63 Hz에서만 유사 낙하 높이를 찾을 수 있었는데, 아이들이 달릴 때에는 임팩트 볼이 100 cm~120 cm의 높이에서 떨어질 때 음압레벨과 유사함을 나타냈고 아이들이 제자리에서 뛰었을 때에는 임팩트 볼이 20 cm~30 cm의 높이에서 떨어질 때 음압레벨에서 유사함을 나타냈지만, 다른 주파수 대역에서는 음압레벨의 차이를 많이 보이면서 유사한 바닥충격음 음압레벨 및 주파수특성을 발견 못 했다.
- (2) 목구조에서는 낙하 높이 10 cm~50 cm에서 측정된 250 Hz와 500 Hz는 다른 저주파수 대역에 비하여 낙하 높이가 높아질수록 약 3~4 dB 정도 음압이 증가하는 것으로 나타났고, 콘크리트 구조에서는 낙하 높이가 높아짐에 따라 약 1~2 dB 정도 음압이 상승하였으나 반건식 구조에서는 낙하 높이가 10~90 cm에서 측정된 125 Hz와 250 Hz 대역 결과는 높이가 높아짐에 따라 약 3 dB 정도 음압이 상승하는 것을 알 수 있었다.

- (3) 임팩트 볼을 사람이 운용하면서 생길 수 있는 오차인 낙하 높이 및 가진 위치의 정확성에 대해서는 약 1 dB이하의 작은 오차이기 때문에 무시해도 상관없지만 우리나라에 표준 중량충격원으로 도입할 때에는 다양한 콘크리트 바닥구법에 따른 바닥충격음의 특성에 따른 적합한 임팩트 볼의 낙하 높이 및 측정 마이크로폰의 높이에 대한 고려는 신중히 하여야 한다.
- (4) 실제 바닥충격음과 낙하 높이별 임팩트 볼의 바닥충격음을 비교하고 자유낙하에 따른 실험적 오류를 고려하였을 때, 임팩트 볼의 낙하높이는 100 cm ~ 110 cm가 적절하리라 판단된다. 하지만 본 실험에서는 제한된 바닥구조에서의 실험이었기 때문에 정확한 낙하 높이를 선정하기 위해서는 다양한 공동주택의 바닥구조 및 표준 실험실에서 본 논문과 동일한 실험 조건으로 실험을 실시하여 주파수별 실제 바닥충격원의 기준 음압을 설정하고 이를 토대로 낙하 높이별 임팩트 볼의 음압을 비교하여 적정 낙하 높이를 설정하여야 할 것이다.

감사의 글

이 연구는 2010년도 환경부 “차세대 핵심환경기술개발사업 (과제번호: 112-091-007)”연구비 및 한일교류기금 (JKF)과 한일과학기술교류지원센터 (JISTEC)에서 지원하고 있는 프로그램인 일본특별연수프로그램을 통하여 일부가 수행되었음. 그리고 이 논문은 2010년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

1. 환경부, “2008 환경통계연감”, 제 21호, 2008.
2. 건설교통부, “공동주택 바닥충격음 차단구조인정 및 관리기준”, 2004.
3. H. Tachibana, H. Tanaka, M. Yasuoka, S. Kimura, “Development of new heavy and soft impact source for the assessment of floor impact sound insulation of buildings”, *Proceedings of Inter-noise 98*, 1998.
4. 정정호, 전진용, “임팩트 볼을 활용한 바닥충격음 측정 및 평가”, *한국소음진동공학회 논문집*, 제15권 제10호, 1160-1168쪽, 2005.

5. Jin Yong Jeon, Jong Kwan Ryu, Jeong Ho Jeong, Hideki Tachibana, “Review of the Impact Ball in Evaluating Floor Impact Sound”, *Acta Acustica United With Acustica*, 2006.
6. JIS 1418-2, “Acoustics - measurement of floor impact sound insulation of buildings, Part 2: Method using standard heavy impact source”, Japanese Industrial Standards Committee, Tokyo, Japan, 2000.
7. 日本建築學會, *建築物の遮音性能基準と設計指針 第二版*, 技報堂出版, 1999.
8. Seung Yup Yoo, Sin Young Lee, Jin Yong Jeon, “The effect of sound field characteristics on the measurement of heavy-weight impact sound”, *19th International Congress On Acoustics*, 2007.
9. ISO 140, “Acoustics - measurement of sound insulation in buildings and of building elements, Part 11: Laboratory measurements of the reduction of transmitted impact noise by floor coverings on light-weight framed standard floor”, 2004.
10. 이원학, 한찬훈, “SBR 라텍스 혼합 모르타르를 활용한 콘크리트 슬라브의 바닥충격음 개선효과”, *대한건축학회 제26권 4호*, 79 ~ 86쪽, 2010.
11. 이원학, 한찬훈, “SBR 라텍스 혼합모르타르를 활용한 바닥구조의 시공구법에 따른 바닥충격음 개선효과” *한국음향학회 학술발표대회/논문집*, 제29권 1호, 91-96쪽, 2010.
12. Won-Hak Lee, Chan-Hoon Haan, “Floor Impact Noise Characteristics of Impact Ball Depending on the Drop Heights in the both Wooden and Concrete Structures”, *ICA2010, Proceedings of 20th International Congress on Acoustics*, pp. 583-587, 2010.
13. 이원학, 한찬훈, “낙하높이에 따른 임팩트 볼의 바닥충격음 특성”, *한국음향학회 학술발표대회/논문집*, 제29권 2호, 63-68쪽, 2010.

저자 약력

•이 원 학 (Won-Hak Lee)



2008년: 충북대학교 건축공학과 (학사)
 2010년: 충북대학교 건축공학과 (석사)
 2009년 ~ 현재: 한국건설기술연구원 전임연구원
 ※ 주관심 분야: 건축음향 분야

•한 찬 훈 (Chan-Hoon Haan)



2011년 1월호 제30권 제1호 참조