

실충격원을 고려한 바닥충격음 저감방안의 평가

Evaluations on isolation method of floor impact sounds by real impact source

○류종관† · 유승엽* · 이평직* · 정 영* · 전진용**

Jong Kwan Ryu, Seung Yup Yoo, Pyung Jik Lee, Young Jeong, and Jin Yong Jeon

Key Words : Floor impact sound (바닥충격음), Real impact source (실충격원), Impact ball (고무공)

ABSTRACT

In this study, characteristics of impact force and impact sound of impact source such as bang machine, impact ball, and children's jumping were review. Results of review showed that impact ball has most similar characteristic to real impact sources in terms of objective properties such as impact force and impact sound. The effects of various isolator on floor impact sound were also investigated in apartment building and test facilities building using bang machine an impact ball. From the field measurement, it was found that the difference in reduction sound level between bang machine and impact ball was relatively large and the reduction sound level by impact ball was much larger than bang machine.

1. 서론

최근 정부에서는 정온한 주거환경 창출을 위해 특히, 공동주택에서의 바닥충격음 규제를 위해 “공동주택 바닥충격음 차단구조인정 및 관리기준”[1]과 “주택성능등급 표시제도”[2]를 시행하고 있는 상황이다. 이는 바닥충격음 성능등급 제도를 근간으로 하고 있으며 이러한 등급제도의 시행에 따라 건설사 및 관련업체에서는 높은 등급을 획득하기 위한 바닥충격음 저감재 개발에 큰 관심을 갖고 있는 상황이다.

한편, 현행 바닥충격음의 평가는 경량충격원인 tapping machine과 중량충격원인 bang machine에 의해 진행되고 있으나 이 두 가지 표준충격원에 의한 바닥충격특성이 실제 어린이의 충격특성과 상이하고 JIS [3]와 ISO [4]에 규정된 충격원인 impact ball이 실제 충격특성을 가장 잘 재현한다는 점이 최근 연구[5, 6, 7]에서 밝혀졌다. 실제로 63 Hz 대역에서 실제충격원에 비해 과도한 충격력을 갖는 bang machine은 고유진동수가 저주파 대역인 국내 공동주택 바닥구조의 공진을 유도하여 저주파 대역에서의 바닥충격음 레벨이 매우 크게 나타나는 것이 현실이다.

따라서, 충격특성이 상이한 표준충격원을 대상으로 한 바닥

충격음 저감기술 개발은 실제 거주자의 만족도와는 거리가 멀며 과도한 저주파 대역의 충격력에 때문에 이를 저감하기 위한 기술 개발에도 무리가 따른다.

이 논문에서는 어린이들이 뛰는 소리와 같은 실제충격원 및 표준충격원에 대한 기존 연구내용들을 정리하고 현행 표준충격원인 bang machine과 실제충격원과 충격원 특성이 유사한 impact ball에 의한 바닥충격음 저감구조의 충격음 특성을 공동주택 및 표준 실험동에서의 실험결과를 바탕으로 조사함으로써 실제 충격원을 고려한 바닥충격음 저감방안에 대한 평가방안을 고찰하고자 한다.

2. 충격원 특성^[5,6,7]

2.1 충격력

전진용 외[6,7]의 연구에서는 공동주택의 주된 바닥충격원으로 조사된 25kg의 몸무게를 갖는 어린이가 약 30 cm의 높이에서 뛰어내릴 때의 충격력은 평균 1600 N, 거실에서 달릴 때의 충격력은 평균 900 N으로 나타났다. 반면 KS에 표준 중량충격원으로 규정된 뱀머신의 충격력은 4500 N으로 나타나 실충격원의 결과와 큰 차이를 나타냈다. 이에 반해 JIS와 ISO에 새로운 표준 중량충격원으로 규정된 임팩트 볼은 1500 N의 충격력을 갖으며, 충격력 폭로레벨의 주파수 특성도 실충격원과 가장 유사한 것으로 나타났다.

JIS의 경우 목구조 주택에서의 바닥충격음 측정시 구조손상을 방지하기 위하여 8세 어린이의 충격특성을 재현하는 impact ball을 개발하였다. Impact ball의 충격력은 Fig. 1에서와 같이 약 1,500 N 정도로 bang machine 보다 낮으

† 책임저자, 한양대학교 대학원 건축공학과

E-mail : mr1ryu@hanmail.net

Tel: (02) 2220-1795, Fax: (02) 2291-1793

* 한양대학교 대학원 건축공학과

** 한양대학교 건축대학 건축공학과

며, 실제 어린이 충격력과 유사한 것을 알 수 있다. Impact ball의 저주파 충격력레벨도 bang machine 보다 낮아 실제 충격원과 유사한 충격력 특성을 갖는 것을 알 수 있다.

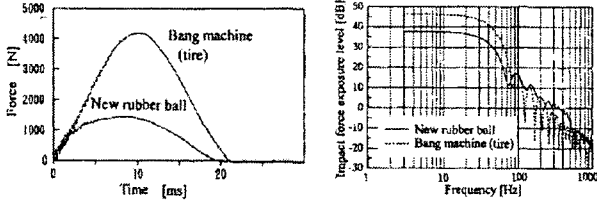


Fig. 1 Impact force characteristics of bang machine and impact ball [JIS A 1418-2]

2.2 충격력 스펙트럼

표준충격원과 어린이 충격력 폭로레벨을 옥타브 밴드로 분석한 결과는 Fig. 2와 같다. 표준충격원의 충격력 폭로레벨 측정시 각 표준충격원은 KS, JIS, ISO에 명시된 바와 같이 뱁머신은 85 cm, 임팩트 볼은 100 cm, 태핑머신과 개량 태핑머신은 4 cm 높이에서 낙하되었으며, 실충격원의 충격력 폭로레벨은 100여명 초등학생의 평균값을 사용하였다. 뱁머신은 바닥충격음의 주관적 반응에 영향을 미치는 주요 대역 31 Hz와 63 Hz에서 가장 높은 충격력을 갖는 것으로 나타났으며 125 Hz 이상 대역에서는 impact ball이 bang machine 보다 높은 충격력 레벨이 높은 것으로 나타났다. 또한 실제 충격원과 가장 유사한 충격력 스펙트럼은 impact ball 인 것으로 나타났다.

2.3 충격음 스펙트럼

Impact ball을 포함한 3가지 표준충격원과 실제어린이(25 kg)가 발생시키는 충격음의 주파수 특성을 실제 공동주택에서 측정하여 비교하였다. Fig. 3에서와 같이 어린이의 jumping, running에 의한 바닥 충격음과 가장 유사한 주파수 특성을 갖는 충격원은 impact ball로 나타났으며, 단일 지수로 평가할 경우 impact ball이 bang machine 보다 충격원보다 125~500 Hz 대역의 레벨이 높기 때문에 더 큰 충격음레벨을 나타내는 것을 알 수 있다.

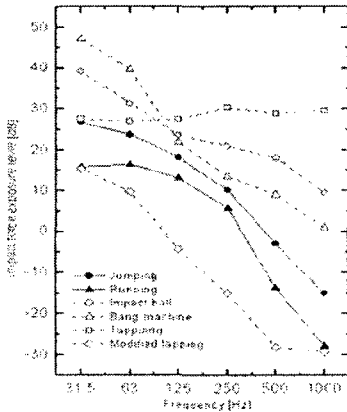


Fig. 2 Impact force exposure level

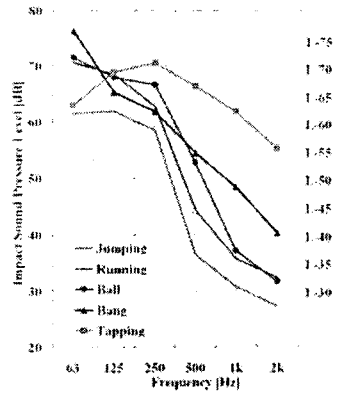
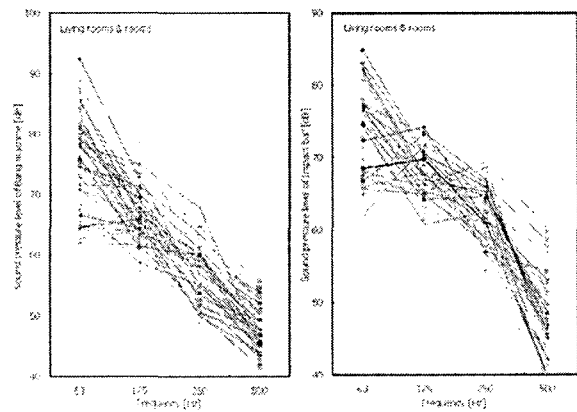


Fig. 3 Frequency characteristics of real impact sounds generated by a 25 kg child and standard impactors

3. 충격력과 충격음의 관계

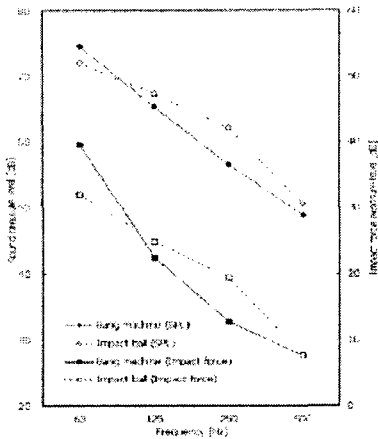
Fig.4는 31개 공동주택 84개실(거실, 안방)에서 측정된 중량 충격음레벨과 충격력레벨을 나타내고 있다. 바닥충격음 측정은 벽식구조 공동주택의 거실과 안방을 대상으로 하였으며 공동주택의 슬라브 두께는 모두 150 mm 이었고 대부분의 공동주택은 바닥충격음 저감을 위해 완충재를 적용하였다. 84개 중량충격음의 주파수 대역별 최대 음압레벨을 평균하면 Fig.4의 (c)와 같이 bang machine은 63 Hz 에서만 impact ball의 최대 음압레벨보다 높은 값을 보였으며, 125~500 Hz 대역에서는 impact ball이 bang machine 보다 높은 값을 나타낸다. 이는 두 표준충격원의 충격력 폭로레벨 특성과 매우 유사하며 표준충격원의 충격력 특성이 중량충격음의 주파수 대역별 특성에 반영된 것으로 사료된다.

따라서, 충격력 이외에 실제 바닥충격음 특성을 결정하는 인자는 다양하겠지만 이상과 같은 충격력 관점에서의 충격음 스펙트럼을 고려하여 보았을 때 실제충격원에 의한 바닥충격음을 저감하기 위해서는 실제충격원의 충격특성과 가장 유사한 충격원을 활용하여 바닥충격음 저감구조를 평가하는 것이 합리적이라고 사료된다.



(a) bang machine

(b) impact ball



(c) Floor impact sound and impact force level

Fig. 4 Floor impact sound level in apartment building and impact force level by standard impactor

4. 바닥충격음 저감구조의 평가

이 논문에서는 현행 표준충격원인 bang machine과 실제충격원과 충격원 특성이 유사한 impact ball에 의한 바닥저감구조의 충격음 특성을 공동주택 및 표준 실험동에서의 실험결과를 바탕으로 조사함으로써 실제 충격원을 고려한 바닥충격음 저감재료에 대한 평가방안을 고찰하고자 한다.

4.1 공동주택에서의 평가

Fig. 5는 30평형대 공동주택 침실(바닥구조: 콘크리트 슬래브 150 mm+ 저감구조1+ 경량기포+ 마감모르타르)에서 측정된 저감구조1의 바닥충격음 측정결과를 나타내고 있다. Fig.5와 같이 bang machine의 경우 125 Hz 이상의 주파수 대역에서는 평균 5 dB이상의 저감효과를 나타냈으나 63Hz 대역의 공진 현상으로 역A레벨 값이 오히려 기본세대에 비하여 증가하는 결과가 나타났다. 이는 63 Hz 대역에서

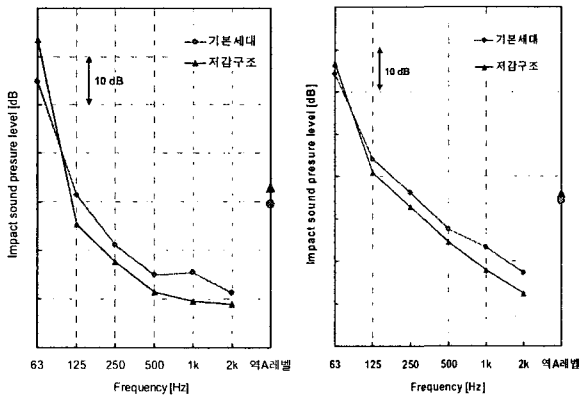


Fig. 5 Floor impact sound level of isolator-1 in apartment building: (left: bang machine, right: impact ball)

의 bang machine의 과도한 충격력과 저감재료 및 구조체 자체의 진동특성 때문이라 사료된다. 이러한 바닥충격음 특성은 비교적 바닥두께가 얇은 국내 바닥구조의 일반적인 특성이라 할 수 있다. 그러나 어린이가 뛰는 소음과 같은 실제충격원의 경우 63 Hz 대역의 충격력이 강하지 않기 때문에 이러한 공진 현상은 미미할 것이라 사료된다. 따라서 125 Hz 이상 대역에서의 저감효과를 고려하였을 때 본 바닥구조의 적용된 저감재의 효과는 bang machine에 의해 평가하는 것 보다 증가할 것으로 예상된다. Impact ball의 경우 63 Hz 대역에서 큰 공진현상은 발생하지 않았으며 125 Hz 이상의 주파수 대역에서 큰 저감효과를 나타내었다.

Fig. 6은 40평형대 공동주택 거실(바닥구조: 콘크리트 슬래브 150 mm+ 경량기포+ 저감구조2+ 마감모르타르)에서 측정된 저감구조2의 바닥충격음 측정결과를 나타내고 있다. 측정결과 bang machine과 impact ball 모두 저감구조 1과는 반대로 충격력 레벨이 강한 63 Hz 대역을 포함한 저주파 대역에서 우수한 저감성능을 나타내고 역A레벨이 5 dB 이상 감소하였으며 impact ball의 저감량이 더욱 큰 것으로 나타났다. 그러나 500 Hz 대역이상에서는 오히려 성능이 악화되는 결과를 나타내고 있어 실제 청감성의 저감 효과 검토가 필요하다고 사료된다.

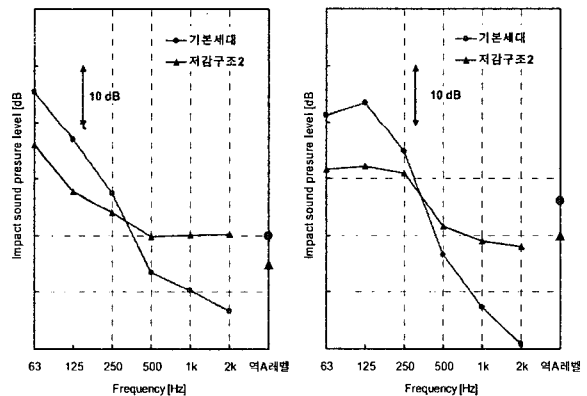


Fig. 6 Floor impact sound level of isolator-2 in apartment building: (left: bang machine, right: impact ball)

Fig. 7은 30평형대 공동주택 거실(바닥구조: 콘크리트 슬래브 150 mm+ 저감구조 3 (또는 저감구조 4)+ 경량기포+ 마감모르타르)에서 측정된 저감구조 3과 4의 바닥충격음 측정결과를 나타내고 있다. Fig. 7에서의 같이 저감구조 4의 경우 맨슬라브 대비 전주파수 대역에서 평균 약 10 dB의 저감효과를 나타내었다. 특히, 높은 충격력을 갖는 bang machine의 63 Hz 대역에서도 저감효과가 큰 것으로 나타났으며 주파수 대역별 저감효과를 고려하였을 때 저감구조 4가 물리적으로나 청감적으로 가장 우수한 저감재임을 알 수 있다.

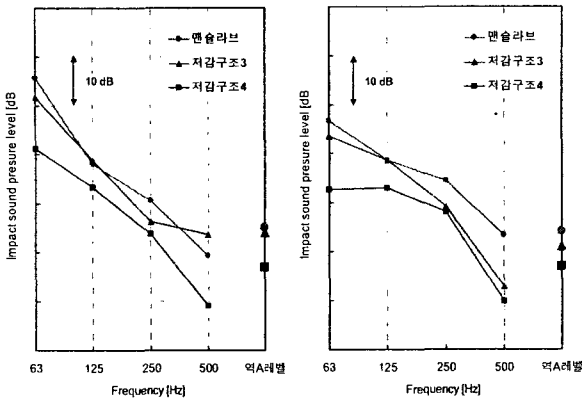


Fig. 7 Floor impact sound level of isolator-3, 4 in apartment building: (left: bang machine, right: impact ball)

반면, 저감구조 3의 경우 impact ball 경우 250 Hz 와 500 Hz 대역에서의 큰 저감으로 역 A레벨이 비교적 크게 저감하여 bang machine으로 평가 하였을 경우 보다 그 저감효과가 더욱 큰 것으로 나타났다.

4.2 표준실험동에서의 평가

Fig. 8은 표준실험동(바닥구조: 콘크리트 슬래브 150 mm+ 저감구조 5+ 경량기포+가마모르타르)에서 측정된 저감구조 5의 바닥충격을 측정결과를 나타내고 있다. Fig. 8에서의 같이 bang machine의 경우 63 Hz 대역에서는 저감효과가 없었으며 125 Hz 대역 이상에서 평균 약 7 dB의 개선효과를 나타내었다. Impact ball의 경우 63 Hz 대역에서도 다소의 저감효과가 있었으며 125 Hz 대역 이상에서 평균 약 10 dB 이상의 저감효과를 나타냈다. 역 A레벨 기준으로 저감량을 살펴보았을 때 impact ball에 의해 바닥구조를 평가 할 때 bang machine으로 평가하였을 경우 보다 4 dB가 더욱 크게 나타난 것으로 나타났다.

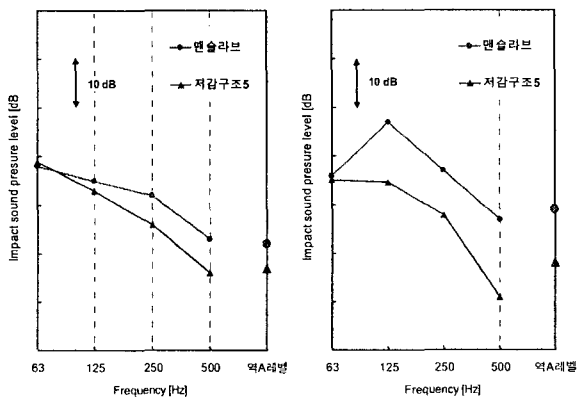


Fig. 8 Floor impact sound level of isolator-5 in test building: (left: bang machine, right: impact ball)

5. 결론

바닥충격을 평가용 충격원 관련 연구 조사 결과 실제충격원의 충격력, 충격력 스펙트럼과 충격음 스펙트럼을 조사한 결과 현행 표준충격원인 bang machine 보다 impact ball이 보다 유사한 것으로 나타났다.

공동주택 현장 81개소에서 측정한 결과를 바탕으로 충격음 레벨을 주파수대역별로 평균한 결과 충격력 스펙트럼과 매우 유사한 것으로 나타나 충격력 특성이 충격음 특성을 결정하는 중요 인자인 것으로 나타났다. 따라서 실제 충격원을 고려한 바닥충격음 저감을 위해서는 실제 충격원 특성과 유사한 impact ball을 활용하여 바닥충격음 저감구조의 평가를 하여야 할 것이다.

특히, 국내 바닥구조의 특성과 bang machine의 과도한 충격력에 의한 63 Hz 대역에서의 공진현상으로 인한 높은 음압레벨은 impact ball의 현장 측정결과를 고려하였을 때 실제 충격원의 경우 그 충격레벨이 높지 않을 것으로 예상된다. 따라서 현재, bang machine에 의한 바닥충격음 평가 및 기술개발 시 주요 관심대상인 63 Hz 대역의 청감평가를 실시하여 그 중요성을 검토 할 필요가 있다.

바닥충격음 저감구조의 공동주택 현장과 표준실험동 평가 결과 bang machine과 impact ball에 의한 저감효과는 서로 차이가 있는 것으로 나타났으며 대부분 impact ball의 저감효과가 더욱 큰 것으로 나타났으며 63 Hz 대역에서 공진이 일어나는 구조체인 경우 그 차이가 더욱 큰 것으로 나타났다.

궁극적으로 거주자들이 실제로 체감할 수 있고 기술개발 측면에서 효율적인 바닥충격음 저감을 위해서는 실제 충격원과 충격특성이 가장 유사한 impact ball 같은 표준충격원에 의한 평가가 필요하며 이와 동시에 주관적 반응의 영향을 미치는 주요 주파수대역 도출 및 물리적 변수 조사 등과 같은 심리음향 측면에서의 평가가 필히 요구된다.

후 기

본 연구는 산업자원부 표준화 기술개발사업 (과제번호 : 10023489)의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- (1) 건설교통부, 공동주택 바닥충격음 차단구조인정 및 관리기준(건설교통부고시 제2005-189호), 2005
- (2) 주택법 제 21조의 2
- (3) JIS A 1418-2: 2000 "Acoustics -Measurement of floor impact sound insulation of buildings - Part 2:Method using standard heavy impact source."

- (4) ISO 140-2005, "Acoustics-Measurement of sound insulation in buildings and of building elements-Part 11:Laboratory measurements of the reduction of transmitted impact sound by floor coverings on lightweight reference floors"
- (5) 정정호, 전진용, "임팩트 볼을 활용한 바닥충격음 측정 및 평가," 한국소음진동공학회 논문집 15권, 10호, pp. 1160~1168, 2005
- (6) 전진용, 이평직, 정정호, 박준홍, "바닥충격음 측정용 표준충격원과 실충격원의 특성비교," 한국소음진동공학회 논문집 16권, 8호, pp. 797~805, 2006
- (7) 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, Vol. 92, No. 5. pp.777~786, 2006