

충격력 변화에 따른 공동주택의 중량 충격음 및 진동 특성

The Characteristics of Heavy-weight Impact Sound and Vibration According to the Change of Impact Force in An Apartment Building

°서상호* · 전진용**

Sang Ho Seo and Jin Yong Jeon

Key Words : Floor Impact Sound(바닥충격음), Bang Machine(뽕머신), Impact Ball, Linearity(선형성)

ABSTRACT

To reduce the structure-born sound by floor impact source in an apartment building, it is necessary to identify the relationship between floor impact sound and vibration. Various impact sources which were made by a bang machine and an impact ball were used for measurement of impact sound and vibration. The experimental results show that the linear relationship between floor impact sound and vibration was in existence despite of various floor impact sources.

1. 서 론

최근 아파트 등의 공동주택에 있어서 바닥 충격음 문제가 크게 이슈화되고 있으며 이에 대한 법적 규제 방안으로서 “공동주택 바닥 충격음 차단 구조 인정 및 관리 기준”이 제정되었다. 비교적 가볍고 딱딱한 충격음으로 중고음역에 까지 높은 에너지 특성을 가지는 경량충격음 규제는 2004년 4월에 실시된다. 이를 위해 최소 기준을 만족시키는 다양한 표준 바닥 구조가 도출되어 현재 고시되었으며, 적절한 슬래브, 마감 모르타르의 두께 증가 및 충격 완충재 적용으로 해결될 전망이다. 그러나 성인이나 아이들이 걷거나 뒹 때 발생되기 쉬운 저음역 성분의 중량충격음은 벽식 구조의 현장 타설공법상 현행 기준을 충족시키기 어려워 2005년 7월에 실시될 예정인데, 이는 바닥 구조의 구조적 공진 모드 및 수음실 음향 모드 등에 의해 기존의 단순한 재료적 개선으로는 한계가 따르기 때문으로 알려져 있다[1].

바닥충격음과 관련하여 기존의 연구로는 뽕머신(bang machine), 태핑머신(tapping machine) 및 impact ball 등

표준충격원을 이용하여 다양한 충격원에 의한 소음 특성에 대한 연구가 있었다. 실 거주공간에서 발생하는 주요 충격 요인에 대해서는 어린이의 달리기와 뛰기가 70% 이상을 차지하는 것으로 나타났으며, 또한 충격음에 대한 주관적 평가에 의해 중량 충격음에 대해 보다 입주자 불만이 크게 나타나고 있다[2]. 중량충격음에 대해서는 슬라브 두께 및 완충재에 대한 다양한 해석적, 실험적 검토가 이루어지고 있으나 명확한 개선안이 도출되기에는 다소 어려움이 있는 실정이다[3~4].

특히 충격원에 의해 가진되는 바닥 구조는 일종의 진동의 전달 매체이면서 동시에 고체전달음원의 역할을 하게 되는데 이와 같이 진동과 소음에 대한 실험적 연관성에 대한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 바닥 슬래브 구조의 소음과 진동의 상호 특성을 파악하기 위해 2개의 표준충격원, 뽕머신과 impact ball을 이용하여 다양한 크기의 가진력을 만들어 바닥 구조를 가진하였으며 이에 따른 소음 및 진동 특성을 비교, 분석하였다.

2. 실험 개요 및 결과

2.1 실험 개요

충격력의 종류에 따른 바닥 구조의 진동레벨 및 수음실에서의 소음레벨을 측정하였다. 측정 대상의 공동주

* 한양대학교 대학원 건축공학과 박사과정

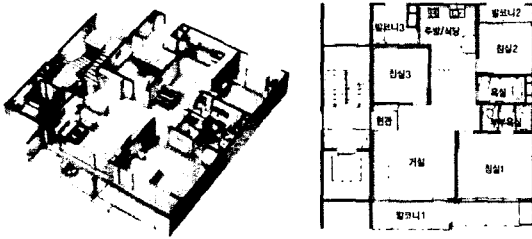
E-mail : paulseo@ihanyang.ac.kr

Tel : (02) 2290-1795, Fax : (02) 2291-1793

** 한양대학교 건축대학 건축공학부 부교수

택은 A-사가 건설한 벽식 구조의 30평형대 아파트 거실 공간으로 이의 투시도 및 평면도는 다음 Fig. 1과 같다.

측정 대상인 거실 바닥 구조 슬래브는 슬래브 두께 150mm, 콘크리트 압축강도는 240kg/cm²이고, 경량기포콘크리트 두께 55mm며, 슬래브와 경량기포콘크리트 사이에는 충격 진동의 일부를 차단하기 위한 단열완충재가 10mm 설치되었으며, 마감 모르타르는 45mm로 타설되었다. 이를 그림 Fig. 2에 나타냈다.



(a) perspective (b) plan figure
Fig. 1 An apartment for measurement

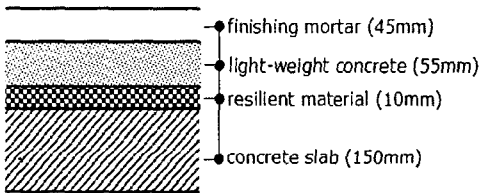


Fig. 2 A section detail of the floor system

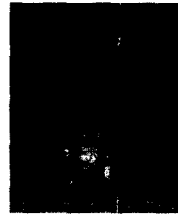
실험에 사용된 표준충격원은 뱅머신과 impact ball로 상세한 사양은 Fig. 3과 Fig. 4와 같다.

뱅머신과 impact ball은 각각 KS 및 JIS에서 사용되는 표준 중량충격원으로 각각 실제 거주자가 바닥을 걷거나 뛰는 것과 동일한 충격력을 갖도록 고안되었다.

본 연구에서는 다양한 가진력을 고려하기 위해 뱅머신의 경우 공기압과 낙하 높이를 다양하게 변화하여 가진하였다. 즉 공기압은 에어콤푸레서를 이용하여 1.8, 2.2, 2.4, 2.6, 3.0kg/cm² 로 인위적으로 변화시켰으며 각각의 공기압에 대해 낙하 높이를 300, 500, 700, 850, 1000, 1200mm 로 하여 충격력을 여러 가지 형태의 힙과 크기를 가지도록 하였다. impact ball의 경우, 표준 공기압 상태에서 낙하 높이를 200, 400, 600, 850, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000mm로 바꾸어 가며 가진하였다.

충격원에 의한 가진 위치, 가속도계 및 마이크로폰에 의한 측정 위치는 Fig. 5와 같다. 거실 중앙 지점 1개소를 가진하였으며, 가진 바닥 상부면 1개소와 슬래브 하

단 측, 수음실 천정 중앙지점 1개소에서 진동레벨을, 수음실 바닥에서 1.2m 높이의 실 중앙지점의 2개소에서 음압레벨을 측정하였다. 이때 가진 바닥에 부착된 가속도계 신호를 동기화(triggering)하여 소음과 진동을 동시에 5회 측정하여 평균하였다.



항목	내용
형태	충격시, 접촉면적은 250cm ² 이하, 곡률반지름 90~250mm
유효질량	7.3 ± 0.2 kg
반발계수	0.8 ± 0.1 m
낙하높이	850 mm

Fig. 3 KS standardized heavy-weight source : bang machine



항목	내용
재질	SBR : NR = 80 : 20
형태	두께 30mm, 외경 185mm
유효질량	2.5 ± 0.2 kg
반발계수	0.5 ± 0.1 m
낙하높이	1000 mm

Fig. 4 JIS standardized heavy-weight source : impact ball

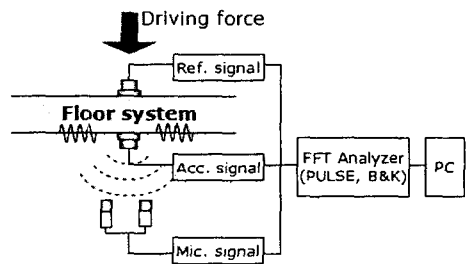


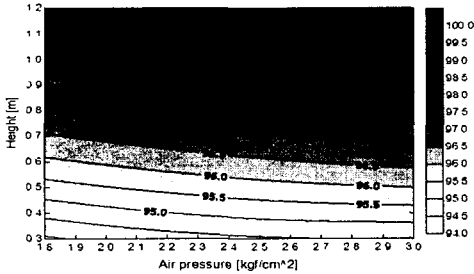
Fig. 5 Experimental apparatus

2.2 실험 결과

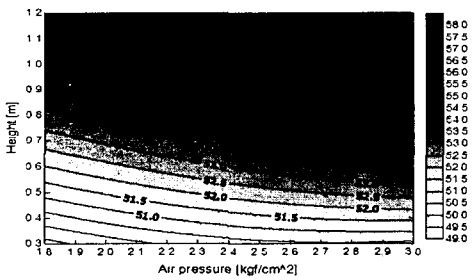
중량충격원인 뱅머신의 공기압 및 낙하 높이에 의해 충격력을 조절하여 가진한 후 측정된 결과를 Fig. 6 ~ 8에 나타냈다.

Fig. 6은 뱅머신의 내부 공기압과 낙하 높이에 따른 음압레벨, A특성보정 소음레벨 및 진동레벨 분포도를 나타낸다. 음압레벨의 경우 Fig. 6(a)에서와 같이 KS F 2810-2의 조건인 공기압 2.4kg/cm² 과 낙하 높이에 850mm를 기준으로, 동일한 낙하 높이에 대해 공기압의 변화에 따른 소음변화는 1dB 내외로 크지 않음을 알 수 있다.

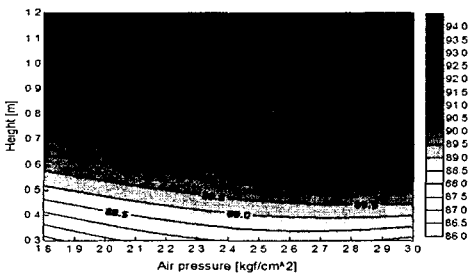
또한 동일 공기압에 대해 낙하 높이 200mm 증가시 약 1.0dB 증가하였다. 또한 공기압에 따라 낙하 높이에 따른 충격음압레벨이 다소 차이가 있으며, 공기압이 높을 수록 낙하 높이에 따른 음압레벨이 더 크게 증가하였다.



(a) Sound pressure level



(b) A-weighted sound pressure level



(c) Vibration acceleration level

Fig. 6 Floor impact sound and vibration level contours according to the change of air pressure and dropping height of bang machine

A특성으로 보정한 음압레벨의 경우 Fig. 6(b)에서와 같이 낙하 높이가 높을 경우 공기압에 따른 소음변화가 약 2dB이며, 공기압 2.4kg/cm² 경우 낙하 높이 200mm 증가시 약 1.5dB 증가하였다. 특히 공기압이 높을 경우 낙하 높이에 따른 음압 증가가 더욱 두드러지는 경향이 있음을 알 수 있으며, Fig. 6(c)에서와 같이 진동레벨 또한 음압레벨 및 A특성보정 음압레벨과 유사한 결과를 나타낸다.

Fig. 7은 공기압의 종류 및 낙하 높이에 따른 진동레

벨과 음압레벨과의 상관관계를 나타낸다. 회귀분석에 의해 도출된 1차식은 결정계수(R²)가 0.9939로 진동과 소음간 매우 높은 선형성(linearity)을 가짐을 알 수 있다.

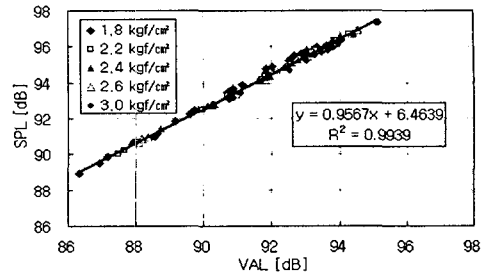
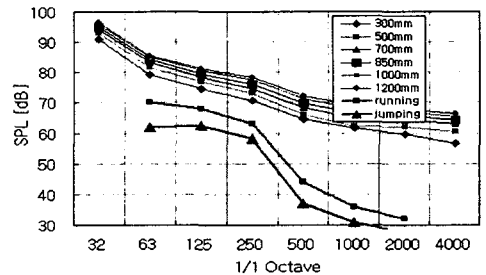
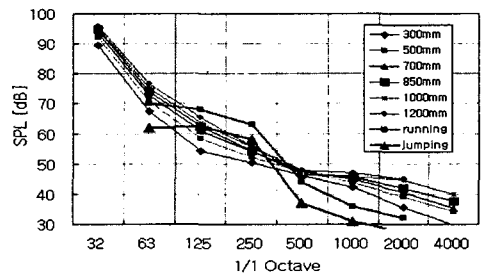


Fig. 7 Relation between floor impact sound and vibration levels using bang machine



(a) Internal air pressure = 2.4kg/cm²



(b) Internal air pressure = 1.8kg/cm²

Fig. 8 Floor impact sound spectrum generated by bang machine compared with real impacts

또한 충격원에 있어서 공기압은 반발계수와 관련하여 타이어의 동특성 변화를 가져와 결과적으로 충격 특성이 바뀌게 되는데, 본 실험결과는 가진력의 이러한 특성 변화에도 불구하고 진동과 소음사이에 높은 선형성을 가짐을 알 수 있다.

특히 음압레벨과 진동레벨간 회귀식에서 기울기가 1에 가까워 진동레벨의 변화가 음압레벨에 정량적으로 영향을 미침을 알 수 있다.

Fig. 8은 중량충격음과 실제 어린이의 달리기(running)와 체자리 뛰기(jumping)를 1/1 옥타브밴드로

비교하였다. 실제 음원의 경우 충격음이 63, 125, 250Hz에 주로 집중되어 있는 반면, 중량충격은 32Hz에서 가장 높은 피크를 가지며 주파수가 증가할수록 그 음압레벨이 현저히 줄어드는 특징이 있다. 또한 현재 KS 기준인 공기압 2.4kg/cm²의 뱅머신에 의한 충격음은 실제 음원보다 약 10dB 이상 높은 특성을 가지고 있으며, 공기압이 약 1.8kg/cm²일때 비슷한 크기의 음압레벨을 가짐을 알 수 있다.

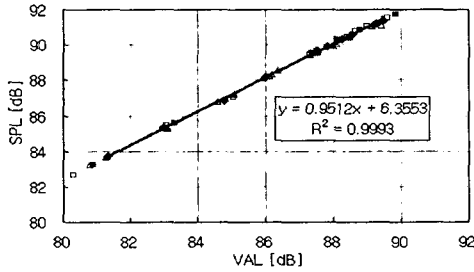


Fig. 9 Relation between floor impact sound and vibration levels using impact ball

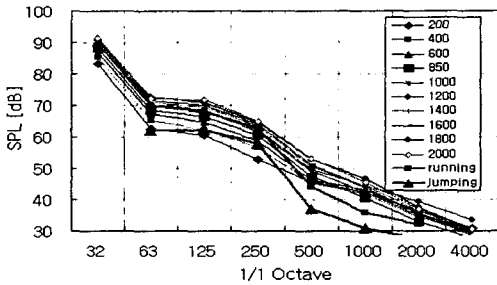


Fig. 10 Floor impact sound spectrum generated by impact ball compared with real impacts

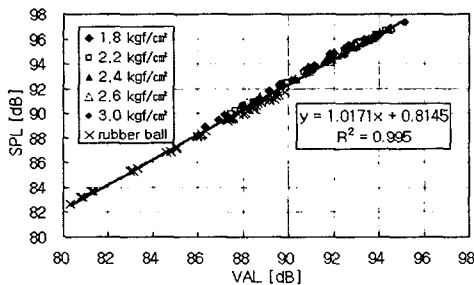


Fig. 11 Relation between floor impact sound and vibration levels using bang machine and impact ball

Fig. 9는 일본에서 중량충격원으로 사용되는 impact ball에 의한 음압레벨과 진동레벨의 관계를 나타내는 것으로 결정계수가 0.9993으로 매우 높은 선형성을 가지며, 또한 뱅머신에 의한 결과와 매우 유사한 회귀식임을 알 수 있다. Fig. 10은 impact ball에 의한 충격음특성을 나

타내는 것으로, 총합레벨은 뱅머신에 비해 약 10dB 정도 낮으나, 실제 음원의 주 충격 특성인 63, 125, 250Hz에서 매우 유사한 주파수 특성을 가진다.

Fig. 11은 공기압에 따른 뱅머신과 impact ball에 의한 진동-소음간 상관관계를 나타내는 것으로 이 또한 좋은 선형성을 나타내며 동일한 구조에 있어서 진동레벨이 저감되는 것에 비례해서 충격음이 저감될 수 있음을 나타낸다.

3. 결론 및 토의

공동주택내에서 발생하는 바닥충격음과 진동과의 상관성을 분석하기 위해 중량충격원인 뱅머신과 impact ball을 이용하여 다양한 충격력을 만들어 가진하였다. 뱅머신과 impact ball에 의해 발생된 음압레벨과 진동레벨 간에는 충격 형태에 관계없이 결정계수가 약 0.995로 매우 상관관계가 높은 1차 관계식이 성립되었다. 뱅머신에 의한 충격음은 실제 충격 특성보다 약 10dB 높으며 주파수 특성 또한 다소 차이를 보이고 있으나, impact ball에 의한 충격음은 레벨 및 주파수 특성에 있어서 실제 충격음과 비교적 잘 일치 하였다. 따라서 현재 KS에서 사용되고 있는 표준중량충격원에 대해 실제 충격력을 보다 적절히 반영될 수 있도록 심도 깊은 연구와 검토가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 환경부 “차세대 핵심환경기술개발사업”(과제번호: 03-1-11-2-002)의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- (1) 한국건설기술연구원, 2003, “공동주택 바닥충격음 완화를 위한 표준바닥구조의 설계·시공기술 및 활용방안 연구”
- (2) J. Y. Jeon, 2001, “Subjective evaluation of floor impact noise based on the model of ACF/IACJ”, Journal of Sound and Vibration, 241(1):147-155.
- (3) 김명준, 김홍식, 김하근, 2003, “수유실 내 구조체의 진동량 계측을 통한 바닥충격음레벨 예측”, 한국소음진동공학회 논문집, Vol.13. No.1, pp.3-9.
- (4) S. H. Seo and J. Y. Jeon, 2004, “Noise and vibration characteristics of the reinforced concrete slab impacted by heavy-weight source in an apartment building”, ICA 2004, Japan, pp.2401-2402.