

임팩트 볼에 의한 중량충격음 측정에 있어서 수음실 음장특성의 영향

Effects of the sound field characteristics of the receiving room on heavy-weight impact sound measurement generated by impact ball

유승엽†·이신영*·정영**·전진용***

Seung Yup Yoo, Sin Young Lee, Young Jeong and Jin Yong Jeon

Key Words : 중량충격음 (Heavy-weight floor impact sound), 바닥충격음 시험동(Testing building for floor impact sound), 임팩트볼 (Impact ball), 수음실(Receiving room), 흡음재(Sound-absorbing materials)

ABSTRACT

This study is a fundamental investigation for standardization of the heavy-weight floor impact measuring method by the impact ball. The distribution characteristics of floor impact sound level and reverberation time in a receiving room of the testing building for floor impact sound were measured with variations of number and arrangement of the sound-absorbing materials. Total 8 cases were investigated. The distribution of the floor impact sound level ($L_{i, Fmax}$) was measured at 30 points with same intervals. The absorption coefficient of the room is 0.10 in case of installation of 6 absorbing materials and 0.02 in case of non-installation. The distribution shape of the impact sound pressure level was similar to the result of the bang machine driving at the measured frequency range. However, the overall reduction of the impact sound level investigated in the 125 to 500 Hz shows that the sound absorption characteristics of the receiving room actually affects the result of the heavy-weight impact measurement.

1. 서론

국내 공동주택에서의 바닥충격음 관련된 차단성능에 대한 최저 성능기준은 2004년부터 법제화되어 본격적으로 시행되고 있다. 또한 2005년 건설교통부 고시⁽¹⁾를 통해 바닥충격음 차단성능 등급화와 인정구조 등의 관리규정들이 제정되고 있다. 특히, 고시에서는 인정구조 및 시공현장에서의 측정 및 평가방법과 관련된 내용, 특히 마이크로폰의 높이(1.2m)와 벽면 등으로부터의 거리(0.75m)로 규정하고 있으며 가진 및 수음점의 위치에 대해서 KS규격에서 보다 구체적으로 규정하고 있다.

최근 바닥충격음 바닥구조의 평가에 있어 바닥충격음 시험동이 건설기술연구원과 주택공사 주택도시연구원 등의 인정기관 등에 의해 활용되고 있다. 또한, 바닥충격음 관련 연

구를 위한 바닥충격음 시험동이 연구기관들에 의해 지속적으로 건설되고 있는 실정이다. 한편, 대부분 시험실의 형태가 정방형에 가까운 닫힌 공간으로 되어있기 때문에 실내 음향특성을 반영한 측정·평가방법 및 시험실 사양의 표준화가 필요한 실정이다. 그리고 수음실의 형태 뿐 만 아니라 실의 흡음률에 따른 중량충격음 레벨의 크기도 현행 등급기준에 따르면 측정결과에 영향을 줄 수 있는 정도로 판단되기 때문에 실의 흡음률에 대한 규정도 필요한 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 새로운 표준충격원으로 제안되고 있는 임팩트볼(Impact ball)을 대상으로 바닥충격음 시험동에서의 중량충격음 실험에 대해 실의 형태 및 흡음률이 측정결과에 미치는 영향과 대안에 조사하였다.

2. 관련 선행 연구

수음실에서의 측정점에 관한 기존의 연구 결과를 볼 때, 김명준(1998) 등은 중량충격음의 경우 63Hz대역에서의 음압레벨이 수음점 위치에 따라 10dB이상의 큰 차이를 보이고 있으며 가진점 위치에 따라서도 63Hz 대역에서 차이를 보이고 있음을 확인하였고⁽²⁾ 정진연(2005) 등의 연구에서는

† 한양대학교 대학원 건축환경공학과
E-mail : yoo.seungyup@gmail.com
Tel : (02) 2220-1795, Fax : (02)2291-1793

* 한양대학교 대학원 건축환경공학과, 석사과정

** 한양대학교 대학원 건축공학과, 박사과정

*** 한양대학교 건축대학 건축공학부, 부교수

특히 바닥충격을 시험실과 같은 공간에서의 63, 125Hz 대역에서의 룸모드에 의한 모드중첩현상을 확인할 수 있으며 벽으로부터 0.75m 이격한 측정점의 위치를 공간에서의 평균값을 대표할 수 있는 값으로 표현할 수 있음을 제안하였다.⁽³⁾ 오양기(2006) 등은 저주파수 대역에서의 단일지수 평가값의 공간편차를 확인하고 측정신뢰도의 영향을 주는 룸모드 영향을 줄이기 위한 확산재등의 사용을 제안하였다.⁽⁴⁾

또한, 김명준(1998) 등은 흡음재의 사용으로 인한 중량충격음의 차이가 3~4dB(A)정도를 보이고 있음을 확인하였으며⁽²⁾ 윤창연(1996) 등의 결과에서도 1~3dB(A)정도의 차이를 보이고 있음을 확인할 수 있다.⁽⁵⁾

따라서, 본 연구에서는 흡음재의 위치에 따른 수음실의 음장변화를 살펴보고 임팩트볼을 이용한 표준시험동에서의 측정시 적절한 수음점의 위치와 공간의 흡음률을 제안하는 것을 목적으로 한다.

3. 실험 개요

실험은 벽식구조 바닥충격음 시험동에서 180mm의 두께 콘크리트 슬래브(바닥면적: 23m², 압축강도 210 kg/cm², 밀도 2300 kg/m³)를 대상으로 하여 실시하였다. 표준충격원인 임팩트 볼 가진에 따른 수음실에서의 음장분포(음압레벨 분포)를 살펴보기 위하여 마이크로폰을 4개의 벽면으로부터 75cm 이격하여 ISO 140-7에서 제시하고 있는 바와 같이 측정하였다.⁽⁶⁾ 측정방법은 Table 1.과 같이 동시에 5채널의 마이크로폰을 통하여 수음하였고, 충격음 레벨은 임팩트볼을 통해 수음실 상부 슬래브의 중앙지점을 가진하였을 때의 충격음원 (L_{i,Fmax})에 대하여 옥타브밴드 측정데이터로 분석하였다. 또한 수음실에서의 흡음재의 설치 및 배치에 따른 영향을 살펴보기 위해 진행한 실험에서는 Fig. 1과 같이 50mm 두께의 다공성 흡음재를 벽체와 최대한 밀실하게 하여 배치하였고 측정방법은 Table 1.과 같이 측정하였다.

Table 1. 음압레벨분포 측정개요

구 분	내 용
측정개소	총 30 개소 (장변방향 6개소, 단변방향 5개소)
수음점간 간격	장변방향: 70cm 단변방향: 70cm
벽과 수음점간 이격거리	장변방향: 75cm 단변방향: 75cm
수음점 높이	120cm (1회 5채널 동시수음)
측정 장비	주파수분석기 : B&K Pulse system 마이크로폰 : B&K Type 4189 가진원 : RION Impact ball (JIS A 1418-2)

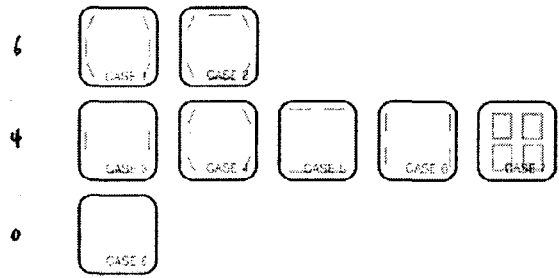


Fig. 1 수음실에서의 케이스별 흡음재 배치

4. 측정 결과

4.1 수음실 잔향시간 및 흡음률

각 실에서의 음장특성을 살펴보기 위하여 흡음재 배치에 따른 각 케이스에서의 잔향시간 결과를 살펴보았다. 측정방법은 무지향성 스피커를 이용하여 4ch의 마이크로폰을 1.2m 높이에 설치하고 백색잡음으로 가진한 노이즈단속법(interrupted noise method)을 사용하였다. 흡음률을 구하는 방법은 다음의 식(1)의 Sabine 잔향식을 이용하였다.

$$\bar{a} = \frac{0.161 \times V}{S \times RT} \quad \text{----- Eq. 1}$$

측정실의 실용적(V)은 64m³이었으며 실표면적(S)은 100m²이었다. 100Hz~5000Hz에 대하여 잔향시간 측정결과(RT)를 1/3 옥타브밴드로 측정 및 분석한 결과 및 계산된 실의 평균흡음률(\bar{a})는 Table 2.와 같다.

Table 2. 흡음재 배치에 따른 실의 평균흡음률

구 분 주파수(Hz)	case1	case2	case3	case4	case5	case6	case7	case8
125	0.07	0.07	0.03	0.05	0.04	0.03	0.03	0.01
250	0.10	0.11	0.04	0.08	0.07	0.06	0.05	0.02
500	0.13	0.10	0.07	0.09	0.08	0.09	0.07	0.02
1000	0.13	0.07	0.10	0.07	0.06	0.10	0.09	0.03
2000	0.12	0.10	0.10	0.09	0.08	0.11	0.10	0.05
4000	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.12	0.11	0.06
평균잔향시간(s)	1.00	1.15	1.68	1.37	1.65	1.49	1.64	4.67
평균흡음률	0.10	0.09	0.06	0.08	0.06	0.07	0.06	0.02

각각의 흡음재 6개를 배치하였을 때의 실의 평균흡음률은 0.1정도이며 4개를 배치하였을 때는 평균 0.07 정도로 입증된 아파트 시공현장에서의 측정결과와 유사한 정도를 보이고 있다.⁽⁷⁾ 그러나 흡음재를 설치않았을 경우에는 0.02정도

로 측정되어 콘크리트 면이나 유리면으로 인한 흡음효과가 이뤄지지 않고 있음을 알 수 있다. 특히 흡음재를 설치하지 않은 Case 8의 경우에는 250Hz미만의 저주파에서의 잔향 시간이 6초이상으로 에너지의 감쇠가 잘 이뤄지지 않는 것으로 나타났다. 이러한 실의 과도한 잔향특성은 중량충격음의 평가에 있어 저주파수 대역에서의 측정결과에 영향을 미칠 수 있는 정도로 사료된다.

4.2 흡음재 배치에 따른 실의 충격음 레벨분포

본 시험실에서의 임팩트볼에 대한 건교부 고시측정방법에 따른 단일수치평가값은 Table 3.과 같다. 단일수치 평가값으로 계산하였을 때, 각각 52, 57으로 측정되었다. 125Hz 이상의 주파수 대역에서 5dB정도의 차이가 나고 있으며 이는 단일수치값으로 5dB의 차이의 원인이 되고 있음을 확인할 수 있다. 이는 125Hz이상의 중주파수 대역에서 큰 충격력을 가지고 있는 임팩트볼의 측정⁽⁸⁾, ⁽⁹⁾에 있어서 흡음재의 유무 및 배치에 따라 측정결과에 차이가 있을 수 있음을 보

여주는 결과이다.

Table 3. 흡음재 유무에 따른 단일수치평가값 비교

슬래브 구분	주파수 대역별 음압레벨 [dB]				L _{i,Fmax,AW}
	63	125	250	500	
CASE 1	64.7	67.0	62.6	50.9	52
CASE 8	65.3	72.0	67.5	56.1	57

흡음재 배치에 따른 케이스별 수음실의 분포는 다음의 Fig. 2와 같다. 32Hz 및 63Hz 대역과 같이 흡음재의 영향을 적게 받는 주파수 대역에서는 흡음재 설치에 따른 영향이 거의 없었다. 저주파의 경우, 이전의 뱀머신 가진에 따른 시험동에서의 음장분포 결과와 유사한 양상을 보이고 있는 것을 확인할 수 있었다.⁽¹⁰⁾ 본 시험동에서의 측정결과, 32Hz에서의 수음점 위치에 대한 에너지 평균레벨은 85dB이었으며 공간최대값과 최소값의 차이는 8.2dB로 케이스별로 거의 일정하였다. 63Hz에서는 평균레벨은 63dB이었으

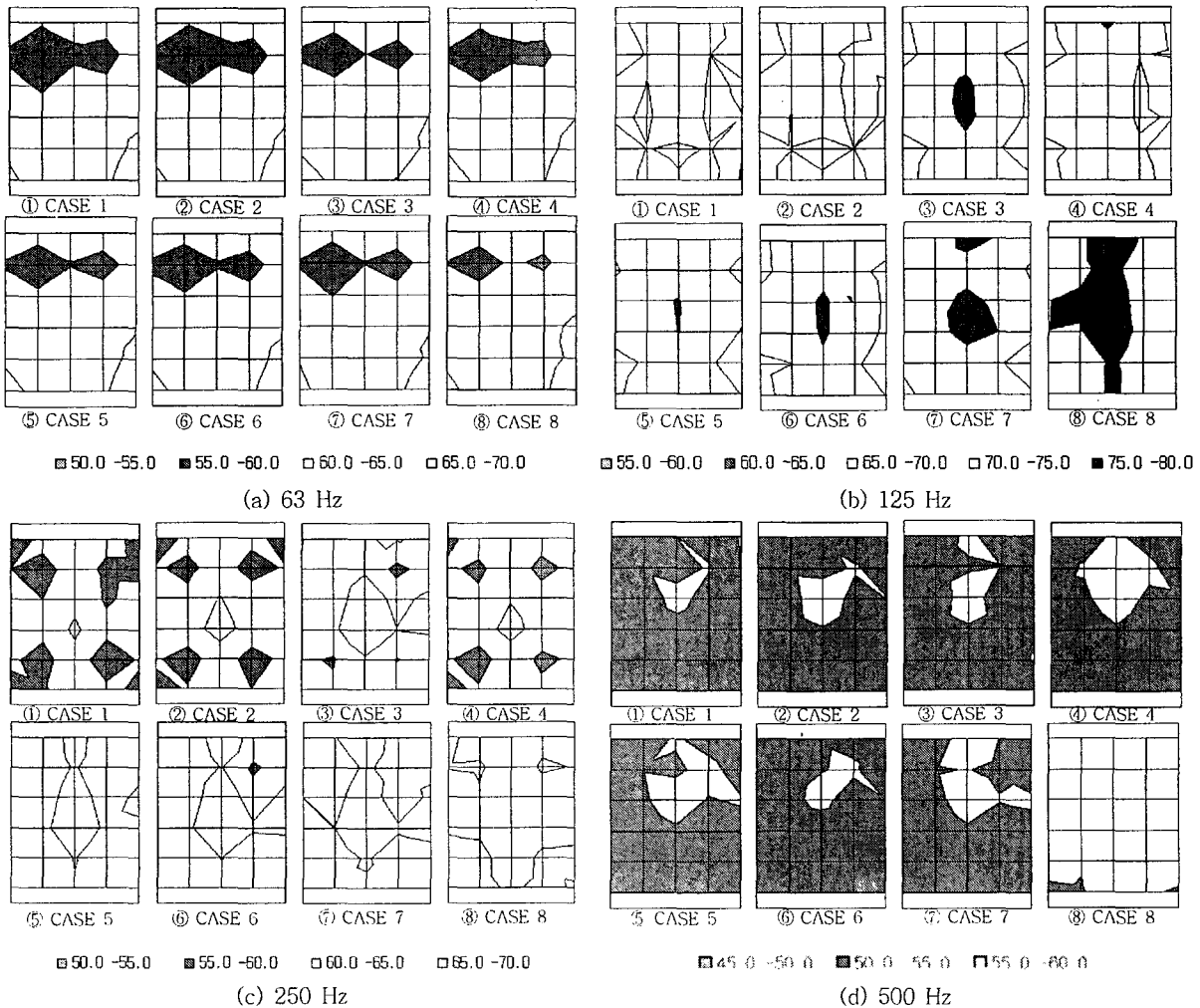


Fig. 2 수음실의 바닥충격음 평가 주파수 대역별 충격음 레벨분포 (수음실 상단: 창, 하단: 문)

며 최대최소간의 편차는 10.5dB정도로 나타나 레벨간 편차의 범위가 커진 것을 확인할 수 있다. 125~500Hz의 분포양상도 이전의 연구결과들과 같이 실의 형상에 따라 음압레벨이 분포하고 있다. 그러나 흡음재의 설치에 따른 레벨의 차이는 확인할 수 있었다. 즉, Case 1, 2와 Case 8의 평균레벨 차이가 4dB이상으로 나타나고 있다. 125~500Hz에서의 평균음압레벨 및 수음레벨의 표준편차는 다음의 Table 4와 같다.

Table 4. 125~500Hz의 음압레벨 분포종합

구분 주파수 [Hz]	case1	case2	case3	case4	case5	case6	case7	case8	
125	평균 음압레벨	71	70	72	72	72	72	73	74
	수음레벨 표준편차	2.5	2.4	2.2	2.5	2.0	2.2	2.2	2.0
250	평균 음압레벨	61	62	64	62	64	64	65	66
	수음레벨 표준편차	2.1	2.3	2.6	2.1	2.1	2.3	2.3	2.0
500	평균 음압레벨	52	53	53	54	54	53	54	57
	수음레벨 표준편차	1.7	1.8	1.5	1.6	1.6	1.3	1.4	1.4

이를 통해, 중앙점을 임팩트 볼을 가진하였을 때의 음압레벨 분포가 뱅머신을 가진 했을 경우와 유사한 양상을 보이고 있으며 흡음재를 국부적으로 사용하여 배치를 변화할 경우, 저감주파수 대역에서만 충격력이 감소하는 현상을 확인할 수 있었다.

5. 결론 및 향후 진행방향

본 연구를 통해서 중량충격원인 임팩트 볼을 사용한 바닥충격음 측정시 수음실의 영향에 대해서 알아보았다. 바닥충격음 표준시험실 180mm 슬래브에 대하여 다공성 흡음재의 개수 및 배치에 따른 음장의 변화, 측정결과의 영향을 비교하여 보았다. 측정결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 콘크리트 노출마감의 경우, 실의 평균흡음률은 0.02 정도로 잔향실에 가까운 정도의 음향성능을 가진다. 그러나 실의 형태가 정방형에 가까운 비를 가지고 있기 때문에 룸모드에 의한 측정결과에 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료된다.

2) 본 시험동에서 흡음재를 적용하였을 때, 125Hz이상의 고주파에서 충격력의 흡음에 따른 영향으로 단일수치평가값에서 5dB정도의 차이가 발생하는 것으로 나타났다.

3) 32Hz, 63Hz에서 케이스에 따른 음압레벨분포 및 레벨의 차이가 나타나지 않았으며 뱅머신 측정과 유사한 양상의 분포를 보여주는 것을 확인하였다.

4) 125~500Hz에서 케이스에 따른 음압레벨분포의 차이는 명확하게 드러나지 않았으나 흡음재의 배치에 따라 실단부에서의 음압레벨 감소와 수음실에서 평균음압레벨 감소

가 나타나는 것으로 나타났다.

본 연구를 통해 국부적으로 부착하는 다공성 흡음재의 경우에는 수음실의 음장을 확산음장에 가깝게 하는데 한계가 있음을 확인하였다. 이를 위해서 벽체의 전면에 설치된 형태의 흡음재의 고려 및 확산체를 이용한 음장조절 방법이 필요할 것으로 사료된다. 뿐 만 아니라 가진점의 위치 및 수음점 높이등에 대한 표준화된 측정방법에 대한 연구를 진행할 것이다.

후 기

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

참 고 문 헌

- (1) 건설교통부, 2005, "공동주택 바닥충격음 차단구조인정 및 관리기준, 고시2005-189호."
- (2) 김명준 등, 1998, "공동주택의 바닥충격음 성능에 미치는 영향요인에 관한 실험적 연구-슬래브 상부구성층 및 측정 조건에 의한 영향요인을 중심으로-", 대한건축학회논문집 계획세, 14권 9호, pp.167~178.
- (3) 정진연 등, 2005, "바닥충격음 측정 시 수음점 위치의 영향에 관한 연구", 춘계학술발표대회논문집, 한국소음진동공학회, pp.283~286.
- (4) 오양기 등, 2006, "마이크로폰 위치에 따른 중량 바닥충격음레벨의 편차", 한국음향학회지, 25권 5호, pp. 49~55.
- (5) 윤창연 등, 1996, "실내흡음률이 바닥충격음에 미치는 영향에 관한 실험적연구", 학술발표논문집, 대한건축학회, pp. 327~330.
- (6) ISO 140-7:1998 "Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 7: Field measurements of impact sound insulation of floors."
- (7) 이주원 등, 2004, "규준화 바닥충격음레벨 측정시 잔향시간의 편차요인 분석, 춘계학술발표대회논문집, 한국소음진동공학회, pp. 509~512.
- (8) J. Y. Jeon, J. K. Ryu, J. H. Jeong and H. Tachibana, 2006, "Reviews of the impact ball in evaluating floor impact sound", Acta Acustica 92(5), pp. 777-786
- (9) JIS A 1418-2: 2000 "Acoustics - Measurement of floor impact sound insulation of buildings - Part 2: Method using standard heavy impact source."
- (10) 유승엽 등, 2005, "표준시험동에서의 바닥충격음의 방사 특성", 추계학술발표대회논문집, 소음진동공학회, pp. 381~384.