

표준시험동 바닥충격음 측정위치에 대한 고찰

Investigation of receiving position in the measurement method for floor impact sound in a testing building

이신영†·유승엽*·전진용**

Sin Young Lee, Seung Yup Yoo and Jin Yong Jeon

Key Words : Floor impact sound measurement(바닥충격음), Receiving position(수음점 위치), Standard testing building(표준시험동)
Impact sound pressure level distribution(충격음레벨분포), Room mode(실내모드)

ABSTRACT

The measurement of floor impact sound have been standardized in KS 2810-1 and 2. The height of receiving microphones position is specified in the standard as 1.2m which is almost half height of apartment rooms as a listening position. In this study, receiving positions are investigated by measuring the distribution of sound pressure levels at 792 receiving microphone positions in the standard testing building. Standard impact sources, tapping machine and impact ball, are driven on the center position in the source room where is located at the above floor. It was found that the distribution of sound pressure levels in the receiving room indicates significant deviation at different frequencies there is more than 5dB drop at 63Hz but 2dB rise at 125Hz at a height of 1.2m when the impact ball is driven, in the other case of a generating tapping machine there is more than 2dB rise at 125Hz at a height of 1.2m due to room modes.

1. 서 론

바닥충격음은 KS F 2810-1과 2에서 경량 및 중량충격원을 이용한 충격음 측정방법들이 명시되어있다. 현장측정방법의 경우, 다양한 평면형태와 건축물의 구조 그리고 바닥구조로 구성되어 있기 때문에 표준화된 측정방법의 제안에 어려움이 있다. 이에 따라 동일한 바닥구조라 하더라도 수음실의 구조와 건축물의 구조에 따라 평가값에 차이를 가지게 되어 건설사의 소음관리에 어려움이 따르게 된다.

그동안의 연구결과를 통해 볼 때, 바닥충격음 현장측정방법은 기관에 따라 그 측정편차가 큰 것으로 알려져 있다. 또한 측정결과와 품질을 결정하는 측정불확도 등에 대한 연구가 많이 진행되지 못한 실정이며 불확도 요인에 대해서도 확립되지 않은 실정이다.⁽¹⁾ 건설교통부 고시(2006)에서는 측정시 마이크로폰의 위치를 중앙점을 포함한 벽면으로부터 75cm로 규정하며 측정점의 높이를 120cm로 하여 측정하

는 것을 제한하여 측정결과에 있어 측정점의 위치를 관리하여 기관에 따른 측정편차를 줄이고자 하였다. 현재 바닥충격음에 대한 공인기관들은 고시에 따른 측정방법으로 측정하고 있는 실정이다.⁽²⁾ 그러나 이러한 측정방법에 대한 규제의 경우에도 불구하고 기관에 따라 등급설정에 영향을 줄 수 있는 측정결과와의 차이를 보이고 있음을 확인할 수 있다.

거주공간에서는 거주자의 위치에 따라 바닥충격음의 레벨이 달라진다. 따라서 단일화된 값으로 충격음을 평가하기 위해서는 공간에서의 평균값을 가지는 측정레벨을 선정하기 위한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 바닥구조의 바닥충격음 평가를 위한 방법에 있어 편차를 줄이고 대표값 산출에 있어 유의한 측정점을 제안하기 위해 현재 바닥충격음의 평가에 많이 사용되고 있는 표준시험동을 대상으로 중량 및 경량충격음에 대해 수음실 792개 지점에서의 측정결과를 통해 음압레벨분포를 분석하고 이를 바탕으로 실내 충격음압레벨을 대표할 수 있는 수음점의 위치를 제안하고자 하였다.

† 한양대학교 건축환경공학과 석사과정
E-mail : 2sin0@hanyang.ac.kr
Tel : (02) 2220-1795, Fax : (02) 2291-1793

* 한양대학교 건축환경공학과 박사과정

** 한양대학교 건축대학 부교수

2. 측정내용 및 방법

2.1 표준시험동

본 연구의 대상인 표준시험동은 Fig. 1에서와 같이 보편적인 거실환경의 바닥면적 및 높이에 맞게 설계되고, 같은 층에 슬래브 두께가 같은 3개실을 연속 배치하여 슬래브 두께가 변화함에 따른 하부층 전달기여율 변화요인을 최소화하였으며, 양쪽 벽을 다른 실과 공유하는 실과 한쪽 벽을 공유하는 실 간의 차이를 비교할 수 있도록 설계되었다.⁽³⁾

현재 이와 같은 표준시험동은 바닥구조 공인인정기관에서 건설하여 실제 건설현장에 시공한 바닥구조의 경계조건을 구현한 시험, 평가가 이뤄지고 있다.

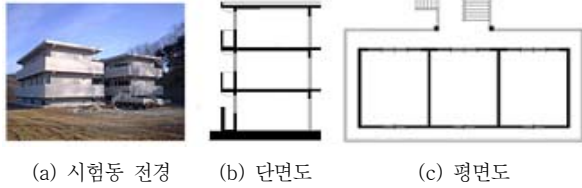


Fig. 1. 시험동 전경 및 시험실 형태

2.2 측정내용

본 연구의 측정은 210mm 철근 콘크리트 슬래브를 대상으로 진행되었다. 철근콘크리트 210mm 슬래브는 현재 표준바닥구조로 제안하여 사용되는 바닥두께이다. 수음실의 크기는 Fig. 2 (a)와 같이 가로 4.5m, 세로 5.1m 그리고 높이 2.6m로 30평형대 아파트의 거실 크기와 비슷하며 마감되지 않은 노출콘크리트로 구성되어 있다.

수음실에서의 음압레벨 분포조사를 위해 수음점 위치를 Fig. 2 (b)와 같이 수음실 입구 좌측벽으로부터 35cm, 정면 벽으로부터 35cm 그리고 바닥으로부터의 50cm 이격된 지점을 기준으로 하였다. 각 수음점 간격은 38cm로 간격으로 가로 방향 11지점, 세로방향 12지점 그리고 높이별로 6 지점으로 나눠 측정하였다. 총 792지점의 그리드를 나눠 측정하였다.

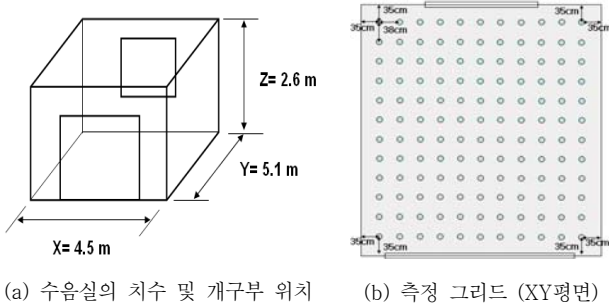


Fig. 2. 수음실 상세 및 측정점

측정기기는 주파수 분석기로 B&K PULSE system을 사용하였으며, 마이크로폰(B&K Type 4189) 5개씩 동시수음하였다. 가진원은 일본공업규격(JIS A 1418-2)에서 중량충격원으로 규정하여 사용중이며 현재 ISO 개정에 따라 중량충격원으로 도입될 예정인 임팩트볼(RION YI-01)과 표준 경량충격원으로 사용중인 ISO 태퍼머신(CESVA MI005)을 이용하였다.⁽⁴⁾

2.3 측정방법

중량충격음과 경량충격음은 각각 현재 KS에서 규정하고 있는 측정분석방법에 따라 분석하였다. 중량충격음의 경우, 중앙점에서 가진할 때 주변부 구속에 대한 충격음의 영향을 최소화할 수 있어 본 연구에서는 중량충격음 및 경량충격음 모두 중앙점 가진 조건만을 고려하였다. JIS에서의 측정방법에 따라 중량충격음의 경우, 1m 높이에서 충격원을 자유낙하 하였다.⁽⁴⁾ 1/1 옥타브 주파수 분석으로 중량충격음의 경우에는 충격원을 3회가진에 대한 Fast 특성 소음특성 최대값으로 계산으로 충격음레벨을 산출했으며 경량충격음의 경우에는 6초간의 등가소음레벨(L_{eq})로 계산하였다.⁽⁵⁾ 각각의 단일수직평가레벨은 중량충격음은 $L_{i,Fmax,AW}$ 로 경량충격음은 $L_{n,AW}$ 로 계산되었다.^{(6),(7)}

3. 측정결과 및 분석

3.1 빈도분석결과

중량 및 경량충격음으로부터 수음된 각각의 792지점 측정결과를 빈도분석을 통하여 각 주파수 대역별 분포를 통계적으로 분석하였다.

(1)중량충격음

Table 2는 임팩트 볼을 가진 하였을 때 측정수음실의 음압레벨분포에 대한 빈도분석결과이다. 전 주파수 대역별로 최대, 최소값의 차이가 10dB 이상씩 차이를 보이지만 표준편차의 경우 2~4dB 정도의 차이가 나타나고 있다. 즉, 수음실 전체적으로 측정값의 산포(散布)정도가 크지 않지만 평균값에 비해 차이가 큰 수음점들이 있음을 확인 할 수 있다. 따라서 실의 평균값과 큰 차이를 보이는 특정한 수음점들을 제외시키면 실 전체 음압레벨의 최대, 최소값의 차이를 줄여 실을 대표할 수 있는 평균값과 가까운 측정범위를 찾을 수 있을 것으로 사료된다.

Table 2. 중량충격음의 빈도분석결과

분석지표	32Hz	63Hz	125Hz	250Hz	단일값	
평균	80.5	68.6	72.9	63.5	55.7	
표준편차	3.1	3.9	2.7	2.2	1.6	
범위	15.6	16.8	14.1	11.6	9.0	
최소값	69.9	58.3	66.2	58.0	52.0	
최대값	85.5	75.1	80.3	69.6	61	
백분위수	10	76.2	62.5	69.5	60.8	53.5
	20	78.2	65.1	70.6	61.7	54.2
	50	81.1	69.6	72.6	63.5	55.5
	80	83.1	72.3	75.3	65.5	57.0
	90	83.7	73.1	76.8	66.3	58.0

(2)경량충격음

Table 3은 경량충격음의 수음실에서의 레벨분포를 빈도 분석한 결과이다. 경량충격음에 따른 음압분포는 중량충격음에 따른 음압분포에 비해 최대, 최소값의 차이가 125Hz를

제외하고는 3~6dB 정도로 고르게 분포하는 것을 볼 수 있다. 125Hz의 경우 측정 수음실 내에서 위치별 음압 차이가 크게 나타나는 것으로 보여 진다.

Table 3. 경량충격음의 빈도분석결과

주파수	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	단일값	
평균	78.3	76.2	77.2	76.3	75.9	
표준편차	2.7	1.3	0.7	0.44	0.46	
범위	16.4	6.2	5.5	3.3	3.0	
최소값	71.2	73.0	74.9	74.6	74.0	
최대값	87.6	80.8	80.4	77.9	77.0	
백분위수	10	74.9	74.6	76.3	75.7	75.1
	20	75.9	75.1	76.7	75.9	75.3
	50	78.2	76.1	77.3	76.3	75.9
	80	80.6	77.3	77.8	76.6	76.6
	90	81.8	77.9	78.1	76.8	76.8

3.2 음압레벨분포 - 종단면

수음실 높이에 따른 충격음 전달 및 분포특성을 알아보기 위해 수음실 입구를 중심으로 좌측벽에서 35cm 떨어진 지점을 기준으로 우측으로 각각 38cm 간격으로 총 11개의 종단면을 주파수 대역별로 살펴보았다.

(1)중량충격음

Fig. 3은 중량충격음에 의한 음압레벨분포중 63Hz 대역을 나타낸 것이다. 측정 수음실 천장높이의 절반인 약 126cm 부근에서 평균값에 비해 약 6dB정도 낮은 음압레벨이 분포하는 것을 볼 수 있다. 반대로 125Hz 대역에서는 Fig. 4에서와 같이 126cm 부근에서의 평균값에 비해 약 2dB정도 높은 음압레벨이 분포되는 것을 볼 수 있다.

(2)경량충격음

경량충격음에 의한 음압분포는 125Hz를 제외하고는 일정한 경향성이 없이 확산음장에 가까운 음장을 나타냈다. Fig. 5에서와 같이 125Hz 대역에서는 중량충격음에서와 같이 측정 수음실의 중간 높이 부근에서 평균값에 비해 2dB 높게 음압레벨이 분포하는 것을 볼 수 있다.

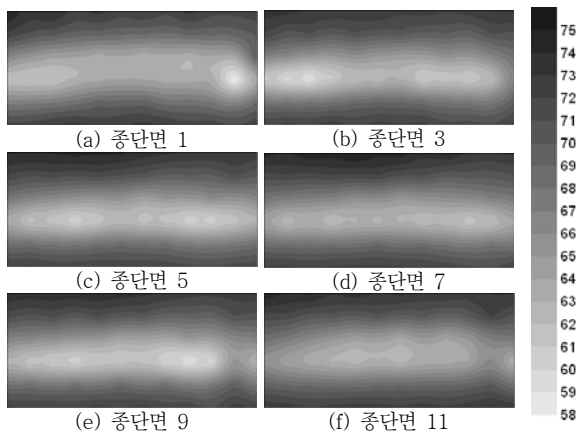


Fig 3. 중량충격음 63Hz 종단면

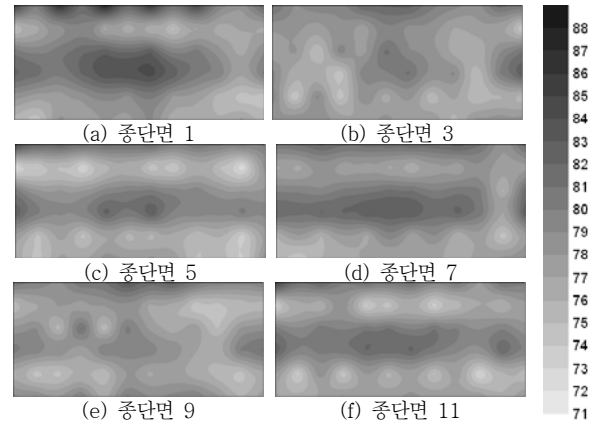


Fig 4. 중량충격음 125Hz 종단면

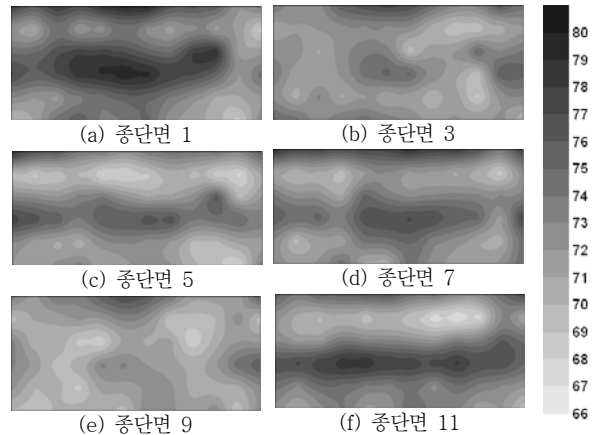


Fig 5. 경량충격음 125Hz 종단면

3.3 음압레벨분포 - 횡단면

측정 수음실의 수평면에서의 음압레벨분포를 알아보기 위해 바닥면으로부터 50cm 이격시킨 높이로부터 각각 38cm 간격으로 240cm 높이까지 총 6개 높이에서 횡단면에서의 분포특성을 살펴보았다.

(1)중량충격음

125Hz 대역에서는 Fig. 6에서와 같이 높이에 따라 수평면 중앙부위의 음압레벨이 대부분 높게 나타났다. 특히, 126cm 높이에서는 평균값에 비해 중앙점 부근이 약 4dB정도 높은 음압레벨 분포를 나타내고 있다.

(2)경량충격음

Fig. 7은 경량충격음에 의한 음압분포를 횡단면으로 나타낸 것으로 대부분의 높이에서 최대, 최소 음압레벨의 차이가 8dB 내외로 비슷하게 나타나지만 126cm 높이에서는 10dB이상 차이가 나타나기 때문에 다른 높이에 비해 고르지 않은 음압레벨이 분포되는 것을 알 수 있다. 단, 천장에서 가장 가까운 240cm 높이는 근접음장으로서 제외한다.

125Hz를 제외한 다른 주파수 대역에서는 빈도분석을 통해 알 수 있었듯이 일정한 경향성 없이 비교적 균일한 음

압레벨분포를 나타냈다.

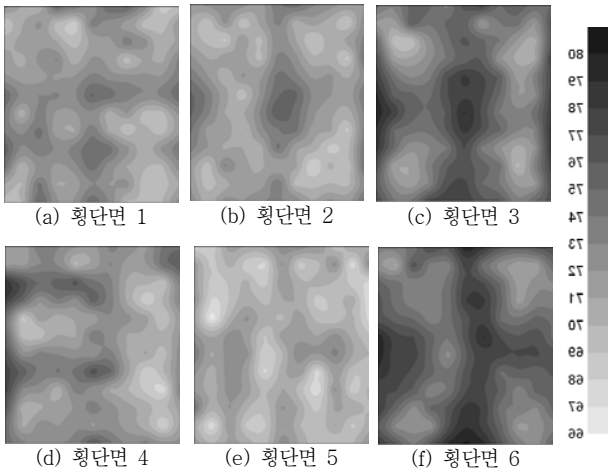


Fig 6. 중량충격음 125Hz 횡단면

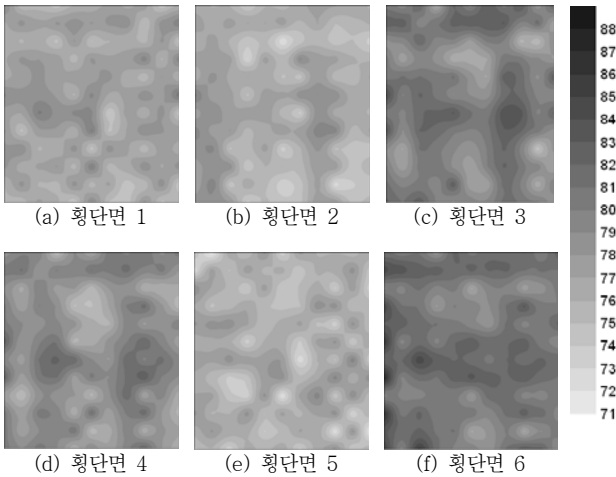


Fig 7. 경량충격음 125Hz 횡단면

4. 결 과 토 의

4.1 120cm 마이크로폰 높이의 문제

현재 건교부 고시에서 규정하고 있는 120cm 높이는 일반적으로 거실에서의 천장높이인 240~280cm의 중간수준으로 충격음 측정에 있어 측정주파수 대역인 63Hz의 경우 낮은 레벨값으로 측정되어 측정결과의 대표성에 문제가 된다. 즉, 시험동의 경우, 실내고유주파수 $f(0,0,1)$ 이 되는 66Hz에서 형성되므로 1.2m 높이에서 63Hz에서 낮은 레벨이 측정됨을 톰모드 계산을 통해 예측할 수 있다.⁽⁸⁾

126cm의 측정높이에서의 측정결과는 Table 4와 같다. 중량충격음의 경우, 각 주파수 대역별로 수음실의 평균값과 많은 차이가 있고, 음압레벨의 범위가 넓게 나타난다. 또한 같은 높이에서 측정하더라도 측정 위치에 따라 125Hz에서의 편차가 다른 높이에 비해 크게 나타남을 확인할 수 있다.

Table 4. 126cm 마이크로폰 높이에 따른 편차

구분	가진원	주파수	평균과의 차이	최대최소차
중단면 126cm	임팩트 볼	63Hz	-6dB	
		125Hz	+2dB	
횡단면 126cm	임팩트 볼	63Hz	+2dB	8.8dB
		125Hz	+4dB	10.7dB
	태핑머신	125Hz	-	10.2dB

4.2 유효측정점의 제한

중량충격음에서 각각의 측정주파수 대역에서 20~80% 범위 내에 드는 측정점 가운데, 4개 옥타브밴드 주파수에서 모두 유효한 경우를 유효측정점이라고 가정하여 측정 편차를 줄이는 방법을 모색하였다. 이와 같은 분석에 의하면 유효측정점의 개수가 88cm 높이의 경우 37지점, 164cm 높이의 경우 총 26지점 그리고 202cm 높이의 경우 33지점으로 나타났다. 한편 건교부고시에서 명시된 마이크로폰 높이(120cm)와 유사한 126cm 높이에서의 유효측정점은 단 2지점만이 포함되었다. 따라서 수음자의 귀높이와 충격음에 의한 근접음장을 고려할 때, 200cm이상에서의 측정점을 잡는 것은 현실적이지 못하며 120cm 높이에서는 유효측정점이 거의 없는 것으로 나타났기 때문에 이를 제외한 측정점에서 측정하는 것이 실의 대표값을 측정을 위한 적절한 방법이 되는 것으로 사료된다.

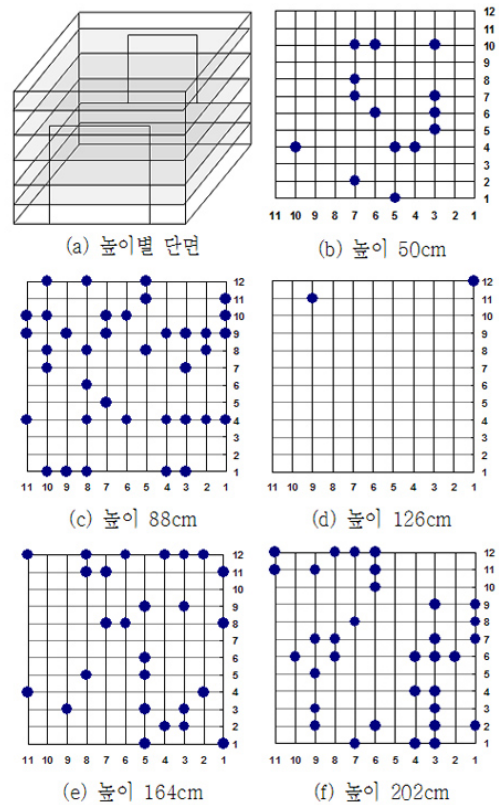


Fig 8. 높이별 유효측정 마이크로폰 위치

5. 결론

현재 시험동에서 측정된 바닥구조의 바닥충격음 차단성능 결과가 법적인 효력을 가지고 건설현장에서 적용되는 시점에서 보다 신뢰할 수 있는 바닥충격음에 대한 측정방법이 경량 및 중량충격음에 대해 조사되었다. 본 연구를 통해 연구된 적절한 마이크로폰의 위치 설정에 대한 결과는 다음과 같다.

(1) 현장 측정전에 실내모드에 대한 조사를 수행하여 특정 주파수 대역에서 문제가 될 수 있는 측정점을 제외시키는 방법이 필요하다.

(2) 792개 측정점에서의 중량 및 경량 충격원에 의한 음압레벨분포를 조사한 결과, 수음실 중간높이가 되는 126cm에서의 레벨분산 정도가 가장 큰 것으로 나타났다.

(3) 건설교통부 고시에 명기된 120cm 마이크로폰 높이는 수음실 전체를 대표할 수 있는 위치로 부적절하기 때문에 새로운 측정방법에 대한 검토가 필요하다.

따라서 건교부 고시에서 명시한 마이크로폰 높이에 대한 재고가 필요하며 특히 중량충격음의 경우, 동일한 수평면이라 할지라도 실내모드에 따라 큰 편차를 보이므로 이에 대한 고려가 요구된다. 앞으로도 바닥 충격음 차단 성능에 대한 연구와 함께 현장측정 방법개선에 대한 지속적인 연구가 요구된다. 가진점 위치나 수음실 형태등의 다양한 측정현장에 대한 연구가 전산해석적인 방법으로 연구될 것이다.

후 기

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

참 고 문 헌

- (1) 고종철 등, 2006, “공동주택 중량바닥충격음 측정불확도 추정에 관한 연구”, 학술발표대회 논문집, 대한건축학회, pp.729~732.
- (2) 건설교통부고시 제2006-435호, 2006, “공동주택 바닥충격음 차단구조인정 및 관리기준”, 3장.
- (3) 유승엽 등, 2005, “표준 실험동에서 바닥충격음의 전파”, 추계학술발표대회논문집, 한국소음진동공학회, CD-Rom
- (4) JIA A 1481-2, 2000, "建築物の床衝撃音遮断性能の測定方法 - 第1部: 標準重量衝撃源による方法"
- (5) KS F 2810-1, 2001, "바닥 충격음 차단 성능 현장 측정 방법-제1부: 표준 경량 충격원에 의한 방법"
- (6) KS F 2863-1, 2002, "건물 및 건물 부재의 바닥 충격음 차단 성능 평가 방법-제1부: 표준 경량 충격원에 대한 차단 성능"
- (7) KS F 2863-2, 2002, "건물 및 건물 부재의 바닥 충격음 차단 성능 평가 방법-제2부: 표준 중량 충격원에 대한 차단 성능"
- (8) C. Hopkins and P. Tuner, 2005, "Field measurement of airborne sound insulation between rooms with non-diffuse sound field at low frequencies", applied acoustics, pp. 1339-1382.