

바닥충격음 차단성능 평가방법의 상호비교

Comparison of Rating Methods for the Floor Impact Sound Insulation Performance

°김 경우* · 최 현중** · 양 관섭** · 이 승언**

Kyoung-Woo Kim, Hyun-jung Choi, Kwan-Seop Yang, and Seung-Eon Lee

Key Words : Floor Impact Sound(바닥충격음), Reversed A-weighting Curve(역 A특성 곡선), A-weighted Sound Pressure Levels(A특성 음압레벨), Arithmetic Average(산술평균)

ABSTRACT

In this study, we compared and analyzed the floor impact sound insulation performance produced by the rating methods. The rating methods are using reversed A-weighting curve, A-weighted sound pressure levels and arithmetic average. On-site floor impact sound pressure levels of living room and room are measured. The results of this study are 1)the rating using reversed A-weighting curve for heavy-weight impact sound's standard deviation is lower than that of light-weight impact sound, 2)the number of rating using A-weighted sound pressure levels and arithmetic average is larger than that of using reversed A-weighting curve, and 3)the number of rating using reversed A-weighting curve mainly depends on impact sound pressure level of 63Hz in heavy-weight impact sound.

1. 서 론

바닥충격음은 공동주택 상부 세대에서 발생하는 소음으로 급·배수 소음과 함께 아래 세대에 불쾌감을 주는 주된 소음으로 볼 수 있다. 바닥충격음 문제를 완화하기 위하여 건설교통부에는 주택건설기준 등에 관한 규정을 개정하여(2003.4.22.) 바닥충격음의 성능기준을 공포하였으며, 2004년 4월에 경량충격음에 대한 차단성능 기준이 시행되었으며, 중량충격음에 대한 기준은 현행 벽식구조의 한계로 인하여 2005년 7월1일부터 시행하는 것으로 유보되었다. 바닥충격음에 대한 법기준이 시행됨에 따라 바닥충격음 평가에 따른 결과가 상당히 중요한 의미를 가지게 되었으며, 평가는 KS규격¹⁾²⁾에서 정하고 있는 평가방법 중 역 A특성 곡선을 이용한 단일수치(단위:dB)로 표기하고 있다. 역 A특

성 곡선을 이용한 방법은 특정 주파수 대역에서 성능이 결정되는 일본의 L 등급과는 달리 4개나 5개의 주파수에 대해 기준곡선을 상회하는 값의 함으로서 평가하도록 하고 있어 특정 주파수에서의 영향을 적게 받는다고 할 수 있다. 그러나 중량충격음의 경우 일반적으로 63Hz에서 바닥충격음레벨이 높고 주파수가 증가할수록 충격음레벨이 낮아지는 특징을 가지고 있기 때문에 역 A특성 곡선으로 평가할 경우 주로 63Hz의 충격음레벨에 따라 평가치에 영향을 미친다고 할 수 있다. 또한 A특성 음압레벨(dB(A))에 의한 방법, 측정대상 주파수의 산술평균하는 방법이 KS규격에 추가적으로 규정되어 있는데 이 둘 방법은 측정이 간편하다거나 측정 후 평가결과를 손쉽게 구할 수 있는 이점을 가지고 있다.

본 연구에서는 현장에서 측정한 바닥충격음 결과를 바탕으로 KS규격에서 규정하고 있는 3가지 평가방법 즉, 역 A특성 곡선을 이용하는 것과 A특성 음압레벨(dB(A))에 의한 방법, 산술평균 방법으로 평가한 결과의 특성을 비교분석하였다.

* 정회원, 한국건설기술연구원

E-mail : kwmj@kict.re.kr

Tel : (031)910-0356, Fax : (031)910-0361

** 정회원, 한국건설기술연구원 .

2. 바닥충격음 측정 및 결과분석

2.1 바닥충격음 측정개요

국내 바닥구조는 바닥슬래브 상부에 단열재나 완충재를 설치하고 다음에 경량기포콘크리트를 설치하고 온수배관 후에 마감모르터를 시공한 후, 최종마감재(온돌마루, 톱류)를 설치하는 것이 일반적이다. 바닥슬래브의 경우 135mm~150mm가 일반적으로 사용되어 왔으나 건설교통부 고시³⁾의 표준바닥구조에 따라 180mm를 사용하기도 한다.

표1.은 현장 바닥충격음 측정을 수행한 65개 구조에 대한 구분으로서 슬래브 두께는 150mm였으며, 완충재나 단열재가 시공된 거실과 방에 대하여 측정을 하였다. 단열재는 스티로폼 20mm를 의미하며, 완충재는 EVA나 P.P, EPP 등의 재료로 20~25mm가 시공되었다.

측정은 KS F 2810-1,-2에 따라 실시하였으며 음원위치는 벽에서부터 0.7m 이격한 가운데 점을 포함한 4개소, 수음점은 6개소로 하였으며 마이크로폰의 높이는 바닥에서부터 1.2m로 상부로 향하게 설치하였다. 측정 및 분석에 사용된 장비는 다음과 같다.

- 경량 충격 원(Tapping Machine) : FI-01, 일본 RION사
- 중량 충격 원(Bang Machine) : Bang Machine-T형, 일본 사쯔끼사
- 주파수분석장치 : Symphonie, 01dB
- Microphone : G.R.A.S. (Type 40AE)
- Microphone Preamplifier : G.R.A.S. (Type 26CA)
- Omnidirectional sound source : DO12, AVM
- Amplifier : M700, INTER M

표1. 측정대상구조

슬래브 두께(mm)	위치	단열층	마감재	측정개수	바닥면적(m ²)
150	거실	완충재	온돌마루	11	21~25
			톱류	5	
		없음	7		
	방	완충재	온돌마루	5	10~17
			톱류	19	
		없음	13		
	단열재	톱류	5		

2.2 바닥충격음 측정결과 및 분석

65개 바닥구조에 대한 바닥충격음 차단성능결과를 역 A특성 곡선, A특성 음압레벨(dB(A)), 산술평균에 의한 방법으로 구분하여 평가하였다. 표2.

는 경량충격음에 대한 측정결과를 dB(A)로 합성한 것으로 일반 소음계의 측정범위인 16Hz~16kHz의 음압레벨을 합성한 결과와 경량충격음 측정 주파수 범위인 125Hz~2kHz를 합성한 결과를 나타낸 것으로 소음계 dB(A) 값과 125Hz~2kHz를 dB(A) 합성한 결과가 차이가 없음을 알 수 있었다. 본 측정에서는 경량충격음에 대한 dB(A)평가치는 소음계에 의해 측정된 값이 아니라 측정 주파수 5개를 dB(A)로 합성한 결과 값을 사용하였다.

표2. 경량충격음 측정결과와 dB(A) 합성 예)

16	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	dB(A) 주1)	dB(A) 주2)
48.8	67.2	63.1	70.9	62.6	69	64.6	55.7	39	17.6	11.5	68.9	68.9
41.1	38.7	59.7	69.5	66.5	67.9	63.2	64	36.2	15.9	11.8	67.9	67.9
49.2	55	59.3	69.9	68	67.8	63.6	64.5	36.5	15.6	10.5	68.2	68.2
37.6	56.6	64.3	74	66.4	64.7	61.8	60.7	32	15.6	10.4	66.3	66.3
36.3	56.7	65.9	71.3	65.7	64.6	61.2	51.6	32.4	15.1	11.4	65.9	65.9
39.4	59.7	61.6	69.5	65.5	63.8	60.6	51.3	34.1	16	10.6	65.1	65.1
39.8	59.9	58	70.1	66.2	64.6	61.6	51.4	33.6	15.6	11.6	65.8	65.8
42.6	47.9	62	73.2	67.2	65.1	61.9	51.8	34.9	15.1	10.4	66.6	66.6
46.5	67.8	67.6	72.8	66.9	65.4	61.4	51.9	33.3	17.9	11.8	66.4	66.4
45.7	67.6	67.5	73.2	65.3	65.4	61.6	52	34	18	12.4	66.3	66.3
38.4	59.5	67	76.4	69.9	63.6	63.3	48.9	30.6	17.2	11.2	66.2	66.2
36.4	59.8	66.7	74.2	67.7	64.1	60	48.8	30.7	17.4	11.8	65.8	65.8

비고 : 주1) 16Hz~16kHz 음압레벨을 dB(A)로 합성한 결과
주2) 125Hz~2kHz 음압레벨을 dB(A)로 합성한 결과

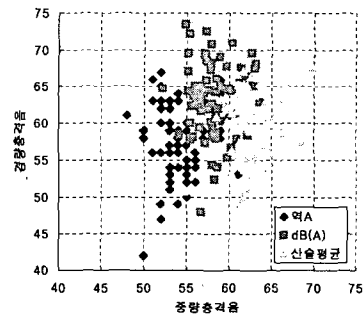


그림1. 바닥충격음 평가결과비교

그림1.은 150mm 슬래브 구조의 바닥구조에 대한 평가결과를 역 A 특성곡선을 이용한 단일수치와 dB(A), 산술평균 평가방법으로 각각 나타낸 것으로 150mm의 슬래브에서 중량충격음 기준(50dB)을 만족하는 비율이 낮으며 경량충격음의 경우 약 40%가 법기준(58dB)을 만족하고 있었다. 경량충격음의 경우, 역 A 단일수치보다 dB(A)로 평가시 거실의 경우 4.9~7.1dB 수치가 상승하였으며, 방의 경우도 유사한 상승 폭을 나타내었다. 그러나 산술평균의 경우 거실에서 역 A 단일수치보다 0.6~9.1dB 상승하였으며 방의 경우 -3.8~4.4dB

의 수치의 변화가 있었다. 전반적으로 역 A 평가보다는 dB(A)나 산술평균의 평가치가 높은 것을 알 수 있었다. 방의 경우 산술평균의 수치가 역 A 평가보다 오히려 낮아지는 결과도 있었는데 이것은 방의 최종마감재가 흡류인 경우 경량충격을 저감에 효과적인 표면완충공법에 해당되어 고주파수로 갈수록 바닥충격음레벨이 급격히 낮아지는 특징을 가지며, 역 A 특성 곡선을 이용한 단일수치가 125Hz의 충격음레벨에 의해 주로 결정되어지는 반면에 산술평균의 경우는 5개 측정주파수에 대한 평균으로 고주파수의 낮은 레벨이 전체 평가에 영향을 주어 평가 수치가 낮아진 것으로 사료된다.

중량충격음의 경우는 거실에서 dB(A)의 평가치가 2.2~6.4dB, 방은 2.1~5.3dB로 역 A 평가치보다 상승하였으며, 산술평균치는 거실에서 4.7~11.7dB, 방에서 3.4~12.3dB 수치가 상승하였다. 바닥충격음 측정시 측정음압레벨과 배경소음의 차이가 6~15dB일 때 다음 식에 의해 보정하도록 하고 있으나, 배경소음이 높은 장소인 경우와 바닥구조의 충격음 저감효과가 높은 구조에서는 특히 500Hz에서 측정음압레벨과 배경소음의 차이가 6dB 미만인 경우 측정결과를 사용할 수 없으며, 이 경우 산술평균에 의한 평가치를 구할 수 없다는 단점이 있다.

$$L = 10 \log (10^{L_{\text{a}}/10} - 10^{L_{\text{b}}/10}) (\text{dB}) \dots (\text{식1})$$

L_{a} : 신호와 배경소음이 합쳐진 음압레벨

L_{b} : 배경소음의 음압레벨

표3, 표4는 측정결과에 따른 평가방법별 표준편차를 나타낸 것으로 평가방법별 표준편차의 차이는 크게 발생하지 않고 있으며, 거실과 방의 측정 결과의 편차는 경량충격음에 비하여 중량충격음이 낮게 나타났다. 경량충격음은 표면마감재나 완충재 사용에 영향을 받기 때문에 완충재의 종류와 마감재에 따른 성능의 편차가 크기 때문인 것으로 판단된다.

그림2.는 역 A 평가치와 산술평균, dB(A) 평가치를 대응하여 나타낸 것으로 경량충격음의 경우 산술평균치 보다 dB(A) 평가치가 높게 나타났으며, 중량충격음이 경우는 산술평균치가 높게 나타났다. 예를 들어 역 A 평가치가 58dB인 바닥구조들 간의 산술평균이나 dB(A) 평가수치가 일정한 값을 나타내는 것이 아니라 그림2.에서처럼 수치가 분

산되어 나타나는데 이는 평가방법상의 특징으로 볼 수 있다. 역 A 평가는 기준곡선을 대상으로 기준곡선을 초과하는 값이 8dB, 10dB 상회 하지 않는 범위내에서 기준곡선을 이동시켜 500Hz의 값을 평가하지만 산술평균은 측정대상 주파수의 측정치에 따라 다르게 분포할 수 있다. dB(A) 평가는 주파수 분석이 필요 없기 때문에 평가가 간단하다는 이점이 있으나 측정대상 주파수에만 영향을 받지 않고 측정대상 주파수 이외의 범위에 영향을 받기 때문에 역 A 평가치와는 다른 값을 나타낼 수 있다. 중량충격음 측정시 63Hz~500Hz 에서는 배경소음이 낮으나 측정대상 이외 주파수의 배경소음이 높게 발생하는 곳의 경우, 역 A 평가는 문제가 없을 것이지만 dB(A) 평가결과의 오류가 발생할 수도 있을 것이다.

표3. 측정대상구조별 표준편차(경량충격음)

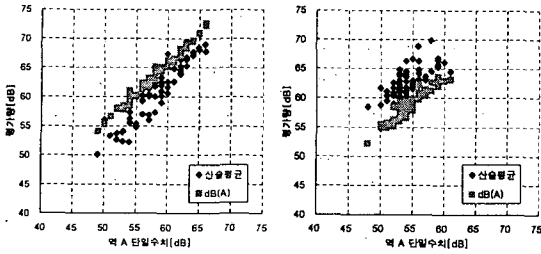
슬래브 두께(mm)	위치	단열층	마감재	평가방법별 표준편차		
				역A	산술평균	dB(A)
150	거실	완충재	온돌마루	2.1	2.5	2.2
			흡류	5.3	3.1	5.1
			없음	2.8	3.3	2.7
		단열재	온돌마루	0.9	0.9	0.5
	거실 측정결과			4.9	4.2	5.0
	방	완충재	흡류	4.1	3.5	4.2
			없음	3.8	3.6	3.9
			흡류	1.1	1.4	1.2
		방 측정결과			4.4	4.7

표4. 측정대상구조별 표준편차(중량충격음)

슬래브 두께(mm)	위치	단열층	마감재	평가방법별 표준편차		
				역A	산술평균	dB(A)
150	거실	완충재	온돌마루	2.3	1.7	2.4
			흡류	2.5	3.7	2.1
			없음	1.5	2.8	1.5
		단열재	온돌마루	1.8	1.7	1.4
	거실 측정결과			2.3	2.5	2.3
	방	완충재	흡류	2.6	3.0	2.5
			없음	3.0	2.1	2.6
			흡류	1.4	2.0	1.2
		방 측정결과			2.5	2.6

일본의 L곡선에 의한 평가와 같이 “접선법”에 따르면 단일 주파수 대역에서 평가량이 결정되어버리는 경우가 발생하지만, 이에 비하여 기준곡선을 상하로 이동시키는 소위 “가중법”인 역 A 평가는 몇 개 주파수 대역의 평균적인 평가가 가능한 이점을 가지고 있다. 그러나 그림3.에서처럼 특히, 중량충격음의 경우 측정결과가 저주파 대역이 높고 고주파 대역으로 갈수록 충격음레벨이 낮아지는 경우

에는 역 A 평가시에도 저주파 대역(특히, 63Hz)에 주로 영향을 받아 평가치가 결정되어진다.



(a) 경량충격음 (b) 중량충격음

그림2. 역 A 평가치와 산술평균, dB(A) 평가결과비교

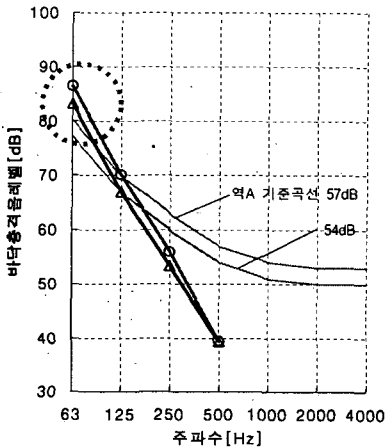


그림3. 중량충격음 역 A 평가 결과 예)

3. 중량충격음 평가시 63Hz의 영향

중량충격음은 63Hz의 바닥충격음레벨에 의해 역 A 평가치가 정해지는 경우가 있다. 표4.는 측정결과에서 63Hz의 바닥충격음레벨을 1dB씩 감소시켰을 때의 각 평가방법 간의 평가치 변화를 비교해 본 것으로 역 A 평가의 경우는 63Hz가 1dB씩 감소함에 따라 평가량이 1dB 변화할 가능성이 높음을 알 수 있으며, dB(A)평가는 16Hz~16kHz의 충격음레벨을 dB(A)로 합성한 결과로서 변화폭이 역 A 평가보다 낮음을 알 수 있었다. 산술평균의 경우는 4개 주파수의 산술평균으로 1dB 변화에 따라 0.25dB씩 평가치가 감소하였다. 단일 주파수 대역에서 평가치가 결정되는 단점을 보완한 역 A 평가방법에서도 중량충격음의 경우 63Hz의 의존도가 dB(A), 산술평균 평가치보다 상대적으로 높음을 알 수 있었다.

표4. 바닥충격음 레벨변화(63Hz)에 따른 평가결과

16	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k	역A	dB(A)	산술평균
90	101.4	83.2	66.9	53.3	39.4	32.9	31.9	25.9	17.9	20.2	54	63.5	60.70
90	101.4	82.2	66.9	53.3	39.4	32.9	31.9	25.9	17.9	20.2	53	63.3	60.45
90	101.4	81.2	66.9	53.3	39.4	32.9	31.9	25.9	17.9	20.2	53	63.1	60.20
90	101.4	80.2	66.9	53.3	39.4	32.9	31.9	25.9	17.9	20.2	52	63.0	59.95
90	101.4	79.2	66.9	53.3	39.4	32.9	31.9	25.9	17.9	20.2	52	62.9	59.70
90	101.4	78.2	66.9	53.3	39.4	32.9	31.9	25.9	17.9	20.2	51	62.8	59.45
90	101.4	77.2	66.9	53.3	39.4	32.9	31.9	25.9	17.9	20.2	51	62.7	59.20
90	101.4	76.2	66.9	53.3	39.4	32.9	31.9	25.9	17.9	20.2	50	62.7	58.95
90	101.4	75.2	66.9	53.3	39.4	32.9	31.9	25.9	17.9	20.2	50	62.6	58.70
90	101.4	74.2	66.9	53.3	39.4	32.9	31.9	25.9	17.9	20.2	49	62.6	58.45
90	101.4	73.2	66.9	53.3	39.4	32.9	31.9	25.9	17.9	20.2	49	62.5	58.20
90	101.4	72.2	66.9	53.3	39.4	32.9	31.9	25.9	17.9	20.2	48	62.5	57.95
90	101.4	71.2	66.9	53.3	39.4	32.9	31.9	25.9	17.9	20.2	48	62.5	57.70
90	101.4	70.2	66.9	53.3	39.4	32.9	31.9	25.9	17.9	20.2	47	62.5	57.45
90	101.4	69.2	66.9	53.3	39.4	32.9	31.9	25.9	17.9	20.2	47	62.5	57.20
90	101.4	68.2	66.9	53.3	39.4	32.9	31.9	25.9	17.9	20.2	47	62.5	56.95

4. 결 론

바닥충격음 측정결과를 바탕으로 KS 규격에서 정하고 있는 역 A 평가, dB(A), 산술평균의 평가방법에 따라 평가치를 비교한 결과는 다음과 같다.

- 1) 역 A 평가결과 경량충격음에 비하여 중량충격음의 표준편차가 1.7~2.7 낮게 나타났다.
- 2) 경량충격음의 역 A 평가치보다 dB(A)로 평가시 거실 4.9~7.1dB, 방 4.5~7.1dB 상승하였으며 산술평균치는 거실 0.6~9.1dB, 방 -3.8~4.4dB 수치 변화가 있었다. 중량충격음은 거실에서 dB(A)의 평가치가 2.2~6.4dB, 방 2.1~5.3dB로 역 A 평가치보다 상승하였으며, 산술평균치는 거실 4.7~11.7dB, 방 3.4~12.3dB 수치가 상승하였다.
- 3) 중량충격음 역 A 평가시 63Hz 등 저주파 대역의 충격음레벨에 의한 평가치의 변동 폭이 dB(A)나 산술평균보다 높을 수 있다.

참 고 문 헌

1. 한국표준협회, 2002, KS F 2863-1 건물 및 건물부재의 바닥충격음 차단성능 평가방법 -제1부 : 표준 경량충격음원에 대한 차단성능
2. 한국표준협회, 2002, KS F 2863-2 건물 및 건물부재의 바닥충격음 차단성능 평가방법 -제1부 : 표준 중량충격음원에 대한 차단성능
3. 건설교통부 고시 제2004-71호, 공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 관리기준
4. 대한주택공사, 2001, 공동주택 바닥충격음 차단성능 기준설정연구