

임팩트 볼을 활용한 중량충격음 측정

Measuring heavy-weight impact sound pressure levels using impact ball

유 진†·유승엽*·김용희*·진진용**

Jin You, Seung Yup Yoo, Yong Hee Kim, Jin Yong Jeon

1. 서 론

현재 국내에서 바닥충격음 차단성능 평가를 위해 KS 2810-1/2에 표준충격원으로 규정되어 있는 충격원에는 경량충격음 평가를 위한 태핑 머신과 중량충격음 평가를 위한 뱀머신이 있으며 이는 각각 ISO와 JIS에 표준충격원으로 규정되어 활용되고 있다. 그러나 중량충격원으로 사용하고 있는 뱀머신은 실충격원에 대한 재현성과 63Hz 대역에서의 과도한 충격력 등의 문제점들이 지속적으로 제기되어 왔다. 한편, 일본에서는 2000년에 임팩트 볼이라고 불리는 중량 2.5kg의 실리콘 고무로 만들어진 구형 가진원이 개발되었으며 JIS A 1418-2와 ISO 140-11에서 이 충격원을 활용하여 중량 충격음을 평가하고 있다. 연구결과를 통해 임팩트 볼은 뱀머신에 비해 충격력 및 임피던스 특성이 실충격원과 유사한 것으로 나타났다. 또한 향후 표준충격원으로서 국내에서도 활용될 가능성이 높은 것으로 예상된다.

임팩트 볼은 뱀머신과 달리 1인 낙하 가진이 가능하고, 전원이 별도로 요구되지 않으며 구조적인 손상이나 유지관리 비용이 뱀머신에 비해 적다. 그러나 임팩트볼의 가진 높이와 낙하자의 위치가 수동으로 결정되므로 적절한 측정방법에 대한 고찰이 우선되어야 할 것으로 사료된다. 따라서 본 연구에서는 신뢰도 있는 측정결과를 얻기 위한 임팩트볼의 활용방법들이 조사되었다.

2. 임팩트볼의 측정 불확도 산출모델

측정 불확도는 측정량 도출을 위한 일련의 측정 프로세스 상에서 내재하고 있는 불확실성을 정량적을 표현하는 측정에 대한 정확도 향상을 위해 연구되고 있다. 임팩트 볼을 이용한 중량충격음의 측정량은 63, 125, 250, 500Hz의 옥타브 밴드주파수 대역별 바닥충격음 최대음

압레벨($L'_{F_{max}}$)과 단일수치 평가 값으로 역A특성 가중평균 바닥충격음 최대음압레벨($L'_{F_{max,A10}}$)로 구분된다. 임팩트볼에 의한 바닥충격음 레벨의 불확도 요소는 그림 1과 같으며 각 요인은 다음 사항을 의미한다.

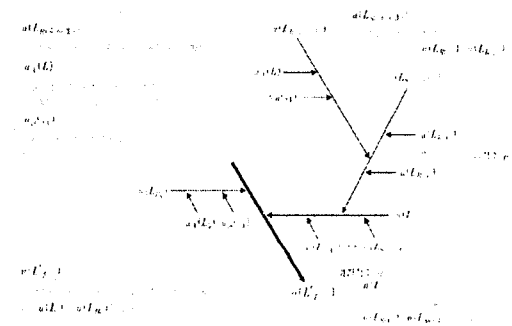


Fig 1. Uncertainty model for maximum floor impact SPL using impact ball

① $u(L_{R(\text{수음점})})$: 1개 수음점에 대한 바닥충격음 최대음압레벨의 합성표준불확도

- $u_A(L)$: 동일 가진점 및 수음점에 대해 반복측정을 통한 바닥충격음 최대음압레벨의 A형 불확도
- $u_B(z_1)$: 측정장비에 의한 B형 불확도

② $u(L_{S(\text{가진점})})$: 1개 가진점에서 수음점 에너지평균시 합성표준불확도, 수음점 개수에 따라 $u(L_{R(1)}) \sim u(L_{R(p)})$ 모두 합성

③ $u(L_i)$: 가진점간 산술평균시 합성표준불확도, 가진점 개수에 따라 $u(L_{S(1)}) \sim u(L_{S(m)})$ 모두 합성

④ $u(L_{Bq})$: 배경소음도의 합성표준불확도

- $u_A(L_b)$: 동일 가진점 및 수음점에 대해 반복측정을 통한 배경소음 평균음압레벨의 A형 불확도
- $u_B(z_1)$: 측정장비에 의한 B형 불확도

⑤ $u(L'_{F_{max}})$: 배경소음을 보정한 바닥충격음 최대음압레벨의 합성표준불확도로서 $u(L_i)$ 와 $u(L_{Bq})$ 를 합성

† 한양대학교 건축환경공학과 박사과정
jinyou.willow@gmail.com
Tel: (02)2220-1795, Fax: (02)2220-4794

* 한양대학교 건축환경공학과 박사과정

** 한양대학교 건축공학과 교수

3. 임팩트볼 측정방법 고찰

3.1 임팩트볼 측정방법의 영향요인

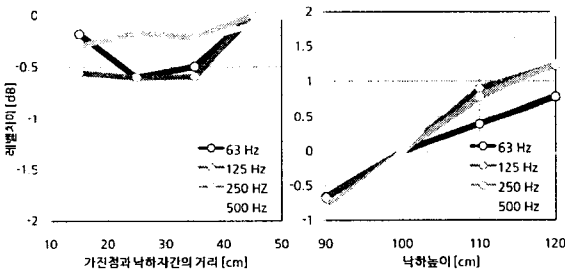
전술한 바와 같이 임팩트볼을 이용한 바닥충격음의 측정은 낙하자에 의해 수동 가진된다는 점에서 측정결과에 있어 낙하높이, 낙하자와 낙하지점간의 거리와 방향 등에 대한 검토가 필요하다. 또한 수음실 음장에 따른 영향 및 측정 반복횟수에 따른 편차범위에 대한 고찰이 필요하다.

본 연구에서는 표준 시험동 150mm 맨슬래브를 대상으로 영향요인 차이를 검토하였다.

3.2 측정방법의 영향요인

(1) 낙하 방법

그림 2는 임팩트볼의 낙하높이와 낙하자와 가진점간의 거리에 따른 충격음 레벨차이를 나타내고 있다. 우선 낙하자 발 끝과 가진점간의 거리를 15~45cm로 10cm 간격으로 수음점 및 가진점을 건교부 고시에 따라 5지점에서 측정한 음압레벨의 차이를 살펴보았다. 250Hz를 제외한 나머지 측정 주파수대역에서 가진점과 낙하자간 거리가 가장 멀리 떨어진 45cm의 경우, 가장 높은 음압레벨이 나타났다. 또한 25~30cm의 거리를 두고 가진할 때 가장 낮은 음압레벨이 측정되었다. 그러나 측정음압레벨 차이가 125Hz에서 최대 0.6dB에 불과하다. 또한 자유낙하에 의해 가진이 되므로 낙하높이가 증가함에 따라 충격음 레벨이 증가한다. ISO 및 JIS에서 표준높이로 설정하고 있는 1m에서 가진한 충격음 레벨차이는 주파수대역별로 거의 선형적으로 증가하였으며, 그림 2(b)에서와 같이 ±10 cm 높이 오차범위에서 주파수 대역별 차이가 1dB 이내로 나타났다.



(a) distance(driving point to experimenter) (b) dropping height
Fig 2. SPL difference by the dropping method using impact ball

가진점을 중심으로 낙하자의 방향을 45도 각도씩 총 8지점에서 측정한 결과, 표 1에서와 같이 중앙점과 모서리 지점에서 가진하였을 때의 8개 지점의 최대 레벨차를 나타낸다. 500Hz를 제외한 나머지 주파수 대역에서 1dB

이하로 나타났다.

Table 1. SPL difference by the dropping direction

1/1 octave band Frequency [Hz]	SPL difference [dB]	
	중앙부	모서리 부위
63	0.67	1.38
125	0.68	0.85
250	0.96	0.50
500	1.42	1.23

(2) 반복횟수 및 음장에 따른 영향

그림 3은 15회 반복측정(수음 및 가진 총 25지점 평균)시, 95% 신뢰구간에서 레벨차에 대한 추정값을 나타내고 있다. 2회 측정의 경우, 전주파수 대역에서의 편차가 1dB을 상회하고 있으나 3회이상 반복측정한 경우, 500Hz를 제외한 다른 주파수에서의 레벨편차는 0.5dB 이내로 나타났다. 6회 이상 반복측정시, 전주파수 대역에서 0.5dB 차이로 나타났다.

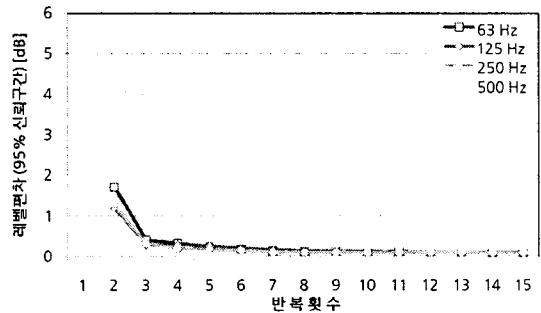


Fig 3. Estimate of 95% confidence interval by repeated measurement

표 2는 500-1,000 Hz에서의 평균 잔향시간이 4.1초에서 1.1초로 변화하였을 때, 6회 반복측정에 대한 각 주파수 대역별 음압레벨의 표준편차를 나타낸다. 결과적으로 수음실 음장의 잔향시간 변화에 따른 레벨차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

Table 2. SPL difference by the dropping direction

1/1 octave band Frequency [Hz]	Standard deviation [dB]	
	RT 4.1 sec [500-1k Hz]	RT 1.1 sec [500-1k Hz]
63	0.17	0.23
125	0.19	0.16
250	0.14	0.18
500	0.45	0.57

4. 결 론

본 연구에서는 임팩트볼을 통한 바닥충격음 측정방법과 불확도 요인에 대해 조사하였다. 향후 다양한 구조와 환경에서 임팩트볼 측정법에 의한 결과 DB가 구축되고 구체적인 측정방법이 제시되어야 한다.