

# 음향시뮬레이션을 이용한 고소음 사업장의 흡음대책에 관한 연구

## A Study on Sound-Absorbing Measures of Loud Noisy Work-Site using Acoustic Simulation

윤재현† · 최 돌\* · 김재수\*\*

Yun, Jae-Hyun Choi, Dool Kim, Jae-Soo

### 1. 서 론

고소음 사업장에서 사용하는 작업기계의 경우 고소음을 발생시켜 작업자들에게 신체적, 정신적 악영향을 미치고 있다. 따라서 고소음 사업장의 소음대책이 절실히 필요하나 지금까지는 방음보호구를 착용하거나 작업시간을 제한하여 소음 노출량을 최소화하는 방법을 주로 사용하였다. 그러나 이러한 소음대책은 소극적이고 영구적이지 않으므로 많은 한계를 가지고 있으며, 또한 작업자에게 보호구 착용으로 인한 불편함과 작업시간 제한에 따른 생산성 저하를 초래하는 등의 문제를 발생시킨다. 이러한 관점에서 본 연구는 음향시뮬레이션 기법을 이용하여 실측한 사업장(보석 가공장, 모형 공작실)과 동일한 음향상태를 갖는 사업장을 모델링 한 후 흡음대책을 통해 개선 전·후의 소음레벨 저감정도를 파악하고자 하였다.

### 2. 측정방법 및 개요

#### 2.1 연구대상 고소음 사업장의 개요

대상 고소음 사업장의 제원은 다음과 같다.

표 1. 대상 고소음 사업장의 제원

고소음 사업장	실내 표면적(S)	실내 체적(V)
보석가공장	114.4m <sup>2</sup>	434.72m <sup>3</sup>
모형공작실	61.2m <sup>2</sup>	177.5m <sup>3</sup>

표 2. 대상 고소음 사업장의 개선 전 마감 재료

고소음 사업장	위치	마감 재료	주파수(Hz)					
			125	250	500	1k	2k	4k
보석 가공장	바닥	인조석 마감	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04
	벽	시멘트 위 수성페인트 마감	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
	천장	9T 흡음텍스	0.30	0.20	0.16	0.12	0.15	0.20
	문	일반 나무문	0.14	0.10	0.06	0.05	0.10	0.10
	창	일반 유리창	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04

† 교신저자; 원광대학교 건축음향연구실  
E-mail : yun80805@naver.com  
Tel : (063) 857-6712 Fax : (063) 843-0782

\* 원광대학교 건축음향연구실  
\*\* 원광대학교 건축학부 교수

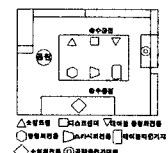
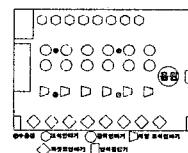
모형 공작실	바닥	인조석 마감	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04
	벽	시멘트 위 수성페인트 마감	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
	문	일반 나무문	0.14	0.10	0.06	0.05	0.10	0.10
	창	일반 유리창	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04
	파티션	샌드위치 판넬	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02

표 3. 대상 고소음 사업장의 개선 후 마감 재료

고소음 사업장	위치	마감 재료	주파수(Hz)					
			125	250	500	1k	2k	4k
보석 가공장	바닥	인조석 마감	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04
	벽	12T 안면흡음판 (최하부 0.7m 공간은 기존과 동일)	0.20	0.20	0.40	0.60	0.70	0.75
	천장	흡음천장판	0.55	0.55	0.58	0.63	0.68	0.59
	문	방음문	0.06	0.13	0.10	0.10	0.10	0.10
	창	이중창 + 주름 50% 커튼	0.15	0.25	0.50	0.75	0.80	0.85
모형 공작실	바닥	인조석 마감	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04
	벽	12T 안면흡음판 (최하부 0.7m 공간은 기존과 동일)	0.20	0.20	0.40	0.60	0.70	0.75
	천장	흡음천장판	0.55	0.55	0.58	0.63	0.68	0.59
	문	방음문	0.06	0.13	0.10	0.10	0.10	0.10
	창	이중창 + 주름 50% 커튼	0.15	0.25	0.50	0.75	0.80	0.85
파티션	샌드위치 판넬	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	

#### 2.2 사업장의 잔향시간 측정

사업장 잔향시간 측정의 경우 ISO 3382에 준하여 실시하였다.



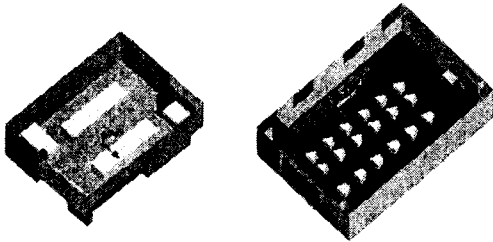
(a) 보석 가공장

(b) 모형 공작실

그림 1. 측정장비 구성 및 측정위치

### 2.3 Computer Simulation

본 연구에서 사용된 프로그램은 Odeon ver.4.21이다.



(a) 보석 가공장  
그림 2. 대상 고소음 사업장의 3차원 모델링

(b) 모형 공작실

## 3. 분석 및 고찰

**3.1 실측된 잔향시간과 음향시뮬레이션과의 비교**  
사업장별로 실측된 잔향시간을 동일하게 모델링한 음향 시뮬레이션상의 예측값과 비교한 것은 다음과 같다.

표 4. 실측치와 예측치의 RT 비교 단위:sec

고소음 사업장	비교 항목	주파수(Hz)							
		125	250	500	1k	2k	4k	8k	
보석 가공장	잔향시간 (RT)	실측치	1.55	1.67	1.64	1.67	1.67	1.52	1.23
		예측치	1.41	1.69	1.66	1.71	1.76	1.42	1.15
모형 공작실		실측치	0.67	0.59	0.55	0.48	0.41	0.41	0.41
		예측치	0.73	0.66	0.59	0.58	0.54	0.51	0.46

**3.2 음향 시뮬레이션을 통한 개선 전·후 SPL 비교**  
개선 전·후의 음압레벨 결과는 다음과 같다.

표 5. 개선 전·후 SPL 비교 단위:dB

고소음 사업장	비교항목	주파수(Hz)								
		125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)	
보석 가공장	음압레벨 (SPL)	개선전	91.8	81.4	81.4	82.6	84.0	78.9	86.4	90.3
		개선후	88.3	76.5	74.4	73.1	73.2	68.8	77.4	81.2
모형 공작실		개선전	82.6	86.2	90.9	93.1	92.5	92.6	91.9	99.3
		개선후	80.7	84.2	87.9	89.4	88.6	89.1	88.8	95.6

### 3.3 개선 전·후 실정수(Room Constant) 비교

고소음 사업장의 작업기계에서 발생한 소음은 직접음과 잔향음 성분으로 구분되어 작업장내의 음압레벨에 영향을 미친다. 이중 직접음은 기계 자체의 방음대책으로 제어할 수 있지만 잔향음은 실의 마감 재료를 변경해야만 제어할 수 있다. 따라서 작업장내에 흡음되는 면적이 적을 경우 내부의 울림이 더욱더 커지기 때문에 소음레벨을 감소시키기 위해서는 실내의 흡음에 관한 평가지표인 실정수를 크게 할수록 좋다. 개선 전·후 연구 대상 사업장의 마감 재료별 흡음률에 따른 실정수를 비교 분석한 결과는 다음과 같다.

표 6. 개선 전·후 실정수 비교 단위:m'

고소음 사업장	비교 항목	주파수(Hz)						
		125	250	500	1k	2k	4k	
보석 가공장	실정수 (Room Constant)	개선전	47.39	31.80	<b>26.49</b>	21.75	26.41	33.69
		개선후	107.80	110.83	<b>155.92</b>	219.61	265.14	250.45
모형 공작실		개선전	7.31	5.96	<b>6.45</b>	6.35	6.61	7.75
		개선후	62.31	64.64	<b>95.09</b>	137.50	166.44	160.85

실정수는 실의 체적과 평균 흡음률에 따라 그 값을 달리 한다. 개선 전에 비해 개선 후 흡음률이 높은 마감 재료로 흡음대책을 세운 결과 실내 체적이 434.72m<sup>3</sup>인 보석 가공장은 500Hz의 실정수가 26.49m<sup>3</sup>에서 155.92m<sup>3</sup>로, 실내 체적이 177.5m<sup>3</sup>인 모형 공작실은 6.45m<sup>3</sup>에서 95.09m<sup>3</sup>로 높아졌다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 실정수가 높을수록 잔향음이 흡수되어 음압레벨이 감소하기 때문에 효율적인 마감 재료를 선정하여 소음을 흡수 하면 고소음 사업장의 소음레벨을 저감시킬 수 있을 것으로 사료된다.

## 4. 결론

본 연구는 고소음 사업장 소음대책의 방안으로 음향 시뮬레이션 기법을 이용하여 실측치와 예측치의 신뢰성을 검토한 후 흡음대책을 통해 사업장 소음의 개선정도를 예측해 보았으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 고소음 사업장별로 실측된 잔향시간을 동일하게 모델링한 음향 시뮬레이션상의 예측값과 비교한 결과 주파수별로 거의 유사한 패턴을 보였다. 또한 cronbach's  $\alpha$  계수가 보석 가공장은 0.950, 모형 공작실은 0.972의 높은 신뢰도로 나타나 시뮬레이션을 이용한 예측치의 신뢰성을 확보할 수 있었다.

2. 음향 시뮬레이션을 기법을 이용하여 흡음대책을 통한 음압레벨의 개선 전·후 결과 전 주파수에 걸쳐 음압레벨이 감소하였으며, 음압레벨의 경우도 보석 가공장은 9.1dB(A), 모형 공작실은 3.7dB(A)가 감소하여 고소음 사업장의 소음이 크게 개선된 것을 알 수 있었다.

3. 음향 시뮬레이션을 기법을 이용하여 500Hz 실정수의 개선 전·후 결과 보석 가공장은 26.49m<sup>3</sup>에서 155.92m<sup>3</sup>로, 모형 공작실은 6.45m<sup>3</sup>에서 95.09m<sup>3</sup>로 실정수가 높아졌다. 따라서 실정수가 높을수록 발생하는 내부 소음이 흡수되어 음압레벨이 감소하기 때문에 효율적인 흡음 대책을 통한 고소음 사업장의 소음대책이 앞으로는 매우 중요 할 것으로 사료된다.

본 연구 결과에서 제시한 흡음대책을 통하여 대상 고소음 사업장의 작업환경을 개선 한다면 작업자로 하여금 보다 더 쾌적한 사업장 환경 수립이 가능할 것으로 사료된다. 또한 본 연구와 유사한 다른 연구들이 지속된다면 고소음 사업장의 소음저감대책 시 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.