

# 군사격장 인근 주거지역에서의 소음과 성가심 반응 고찰

## Impulsive Noise and Annoyance Response in Residential Areas Near Military Shooting Ranges

성 요 한\* · 김 하 근\*\* · 김 명 준†

Yo Han Seong\*, Ha Geun Kim\*\* and Myung Jun Kim†

(Received March 15, 2023 ; Revised May 7, 2023 ; Accepted May 31, 2023)

**Key Words :** High-energy Impulsive Noise(고-에너지 충격소음), Military Shooting Range Noise(군사격장 소음), Annoyance Response(성가심 반응), Auditory Experiment(청감 실험)

### ABSTRACT

High-energy impulsive noise caused by shooting or explosion has become a growing problem in South Korea, especially for residents living near shooting ranges exposed to it for a long time. To address this issue, the Military Airfields and Military Firing Ranges Noise Prevention and Compensation Act was established to prevent noise from military shooting ranges and compensate affected residents. This study analyzes the noise characteristics and annoyance response caused by artillery sound from shooting ranges, utilizing previous research measurement data and an auditory experiment. Annoyance was evaluated with the term percent highly annoyed (% HA) as in previous studies, and the experiment data were collected from 36 people exposed to noise ranging from 60 to 80 C-weighted sound pressure levels. A-weighted noise levels were also evaluated and compared to previous studies by fitting them to annoyance curves. The results indicate that utilizing A-weighted noise level in addition to C-weighted noise level can be appropriate for evaluating noise in residential areas.

### 기 호 설 명

- $L_{AE}$  : A-가중 소음노출레벨
- $L_{Cdn}$  : C-가중 주야평균소음도
- $L_{CE}$  : C-가중 소음노출레벨
- $L_{dn}$  : A-가중 주야평균소음도
- $P_{HA}(\%)$  : 높은 성가심 유발률

### 1. 서 론

군사격장 소음은 주거지역에서 소음 문제를 일으키는 다양한 원인 중 하나이다. 군사격장 인근에서는 총·포탄의 사격과 폭발 등에 의한 높은 에너지의 충격성 소음이 발생한다. 사격장 인근에 거주 중인 주민들은 오랜 시간 동안 이러한 고-에너지 충격소음에 노출되었다.

† Corresponding Author ; Member, Dpt. of Architectural Engineering, University of Seoul, Professor  
E-mail : mjunkim@uos.ac.kr

\* Member, Dpt. of Architectural Engineering, University of Seoul, Student

\*\* Member, Korea Environment Design Co., CEO

‡ Recommended by Editor Jin Yun Chung  
© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

우리나라에서는 군사격장 소음을 방지하고 소음 피해에 대해 보상하기 위해서 「군용비행장·군사격장 소음 방지 및 피해보상에 관한 법률」이 제정되었다. 해당 법률에서의 소음 기준은 기존 판례에서의 수인한도와 성가심 반응 특성을 고려하여 정해졌다<sup>(1)</sup>.

높은 성가심 유발율  $P_{HA}$ (percent of highly annoyed)는 소음에 대한 주관적인 반응을 평가하기 위해 사용되는 대표적인 성가심 반응 지표 중 하나이다. 높은 성가심 유발률  $P_{HA}$ 는 Schultz<sup>(2)</sup>에 의해 처음 제안되었으며, 소음을 매우 성가시다고 응답한 사람의 비율(응답 척도의 상위 27%에 해당)을 의미하는 지표이다.  $P_{HA}$ 는 도로·항공기·철도 등 다양한 소음원을 대상으로 사용되며, WHO 유럽 지역 사무소에서는<sup>(3)</sup>  $P_{HA}$  값을 10% 이내로 관리하도록 권고하고 있다.

기존 연구에서 군사격장 소음에 대한 성가심 반응은 높은 저주파 소음레벨의 응답 특성을 반영할 수 있도록, 주로 C-가중 소음레벨을 기반으로 평가되었다. 청력·생체음향·생체역학에 대한 미국 국가 연구 위원회(national research council)에서는<sup>(4)</sup> 초음속 충격파, 군사격장 소음 등 고-에너지 충격소음에 대한 성가심 반응을 주야 평균 C-가중 소음레벨  $L_{Cdn}$ 로 분석하도록 제안하였다. ISO 1996-1에서는<sup>(5)</sup> 고-에너지 충격성 소음을 C-가중 및 A-가중 레벨과 C-가중 레벨의 차이 값으로 평가하는 방법이 수록되었다.

그러나 군사격장에서 상대적으로 멀리 이격되어, 소음레벨이 상대적으로 낮은 주거지역에서는 성가심 반응이 기존 연구와 다르게 나타날 수도 있다. 미국 국가 연구 위원회의 보고서에서는<sup>(4)</sup> 고-에너지 소음을 C-가중 소음레벨로 평가한 이유에 대해서, 성가심과의 상관관계가 A-가중보다 명확하게 나타났기 때문이 아니라, C-가중 소음레벨이 다양한 저주파 소음(초음속 충격파 등)을 평가하기에 유리했기 때문으로 언급되어 있다. 또한 낮은 소음레벨에서는 성가심 반응이 40 phon 등청감곡선을 참고하여 설정된 A-가중 소음레벨에 더 가깝게 나타날 가능성이 존재한다.

이 연구의 목적은 사격장 인근 주거지역에서 고-에너지 충격소음의 특성을 조사하고, 군사격장 소음에 대한 성가심 반응을 청감실험을 통해 분석하는 것이다. 조사 대상 지역은 사격장 인근지역과 사격장으로부터 1 km ~ 5 km 정도 떨어진 지역이다. 청감 실험은 주거지역에서 측정된 소음자료를 기반으로 36명

의 인원에 대해 7점 척도의 설문 평가로 시행되었으며, 총 15개 음원이 사용되었다.

## 2. 군사격장 소음 특성

### 2.1 사격 소음 발생 특성

ISO 17201-2에서는<sup>(6)</sup> 사격 소음 추정값 계산 방법이 수록되어 있다. 해당 표준에서 제시된 사격 소음의 추정값은  $R_W$ (Weber radius),  $P_W$ (Weber pressure)를 통해 식(1)로 계산된다. Weber radius는 ‘단순 폭발 모형’에서의 등가 방사 구형 반지름을 의미하며, Weber pressure는 Weber sphere에서의 음압을 의미한다.

$$S_q(\alpha) = \frac{P_W}{\rho c} 4\pi R_W^2 \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{1}{\pi} \left[ \omega^2 + 9 \frac{c^2}{R_W^2} \left( \frac{c^2}{R_W^2 \omega^2} + 1 \right) \right]^{-1} d\omega \quad (1)$$

- $c$  : speed of sound in air [m/s]
- $P_W$  : Weber pressure [Pa]
- $R_W$  : Weber radius [m]
- $S_q(\alpha)$  : angular source energy distribution
- $\rho$  : air density [kg/m<sup>3</sup>]
- $\omega$  : angular frequency

ISO 17201-2 Annex B.1에서는<sup>(6)</sup> 사격 화기 별 Mass of explosives, Weber radius, Source energy level이 수록되어 있다. 해당 자료는 사격 장소에서 250 m 이격된 지점에서의 실제 측정값을 기반으로 작성되었다. 105 mm 포탄(105 mm artillery) 사격의 경우 Weber radius 값은 약 5 m이며, 음향파위레벨은 약 170 dB(C), 162 dB(A)로 제시되어 있다. ISO 17201-2 Annex A에서는<sup>(6)</sup> 사격장 소음의 주파수 특성이 식(2), Fig. 1과 같이 수록되어 있다.

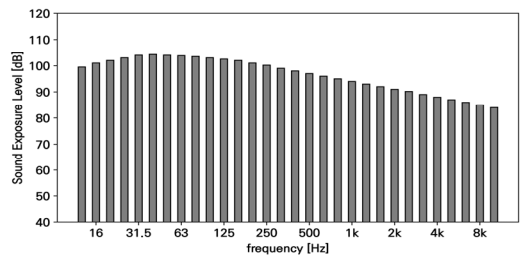


Fig. 1 One-third octave spectrum of a Weber blast (described in ISO 17201-2)

$$\frac{dp(\omega)}{p} = -\alpha(\omega)dt \quad \alpha(\omega) = \frac{3c}{R_W} \left[ 1 + \left( \frac{c}{\omega R_W} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

$c$  : speed of sound in air [m/s]

$R_W$  : Weber radius of the source [m]

### 2.2 측정자료 분석

측정 지역은 Fig. 2와 같이 대형화기 훈련이 시행되는 4개의 사격장이며, 인근에 주거지역이 위치한다. 지면은 산림지역과 초지(草地)로 구성되어 있으며, 사격장 인근은 모두 산악지형이다. 측정 기간은 3월~8월이며, 소음측정기기는 ISO 61672-1 Class 1을 만족하는 소음측정기기인 RION NL-52를 사용하였다. 소음측정기기의 세부적인 제원과 측정 설정 방법은 Table 1과 같다.

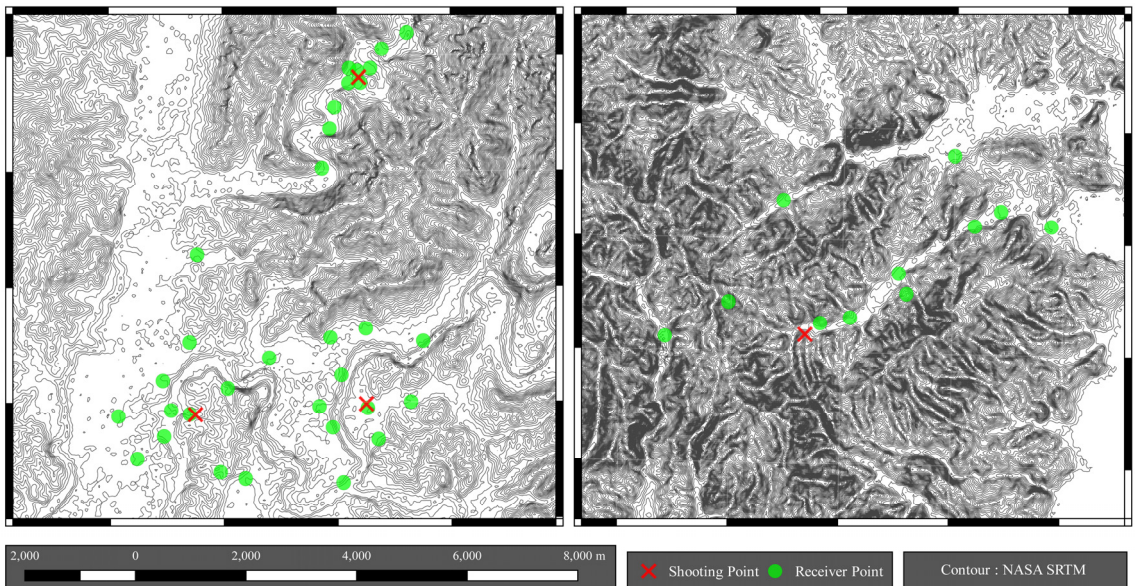
분석 대상은 대형화기 소음 중 105 mm 포탄(105 mm artillery) 사격 소음이다. 우리나라에서는 「군소음보상법」 및 「군용비행장·군사격장 소음영향도 조사 예규」에 따라 군사격장 소음을 대형화기와 소형화기로 구분하고 있다. 이 중 대형화기 소음이란 20 mm 이상 구경의 화기 혹은 군용항공기에서 발사한 포탄과 피탄지에서의 폭발 소음을 의미한다. 105 mm 포탄 소음에 대해서 분석한 이유는 ISO 17201-2에서<sup>6)</sup> 105 mm 포탄 소음에 대한 자료가 수록되어 있으므로, 소음 특성을 비교·분석하기에 타 화기보다 더 수월하였기

때문이다.

먼저 105 mm 포탄 사격에 대한 소음을 C-가중 및 A-가중 소음노출레벨로 분석하였다. 사격소음은 「군사격장 소음영향도 조사 예규」에서 규정된 방법에 따라 충격성 소음이 배경소음보다 10 dB 높은 상태로 지속되는 동안의 소음노출레벨로 산출하였다. 105

**Table 1** Sound level meter specifications and setting

Model	Rion NL-52
Applicable standards	IEC 61672-1
Microphone	UC-59
Sensitivity level	-27 dB
Measurement range	A-weighting : 25 dB to 138 dB C-weighting : 33 dB to 138 dB Z-weighting : 38 dB to 138 dB
Frequency range	10 Hz to 20 kHz
Sampling cycle	20.8 μs (sampling frequency 48 kHz)
Correction functions	Windscreen correction (ISO 61672-1 Standard) Diffuse sound field correction (ANSI/ASA S.1.4 Standard)
Frequency weighting	A, C
Time weighting	S (slow)



**Fig. 2** Spatial range of high-energy impulsive noise measurement

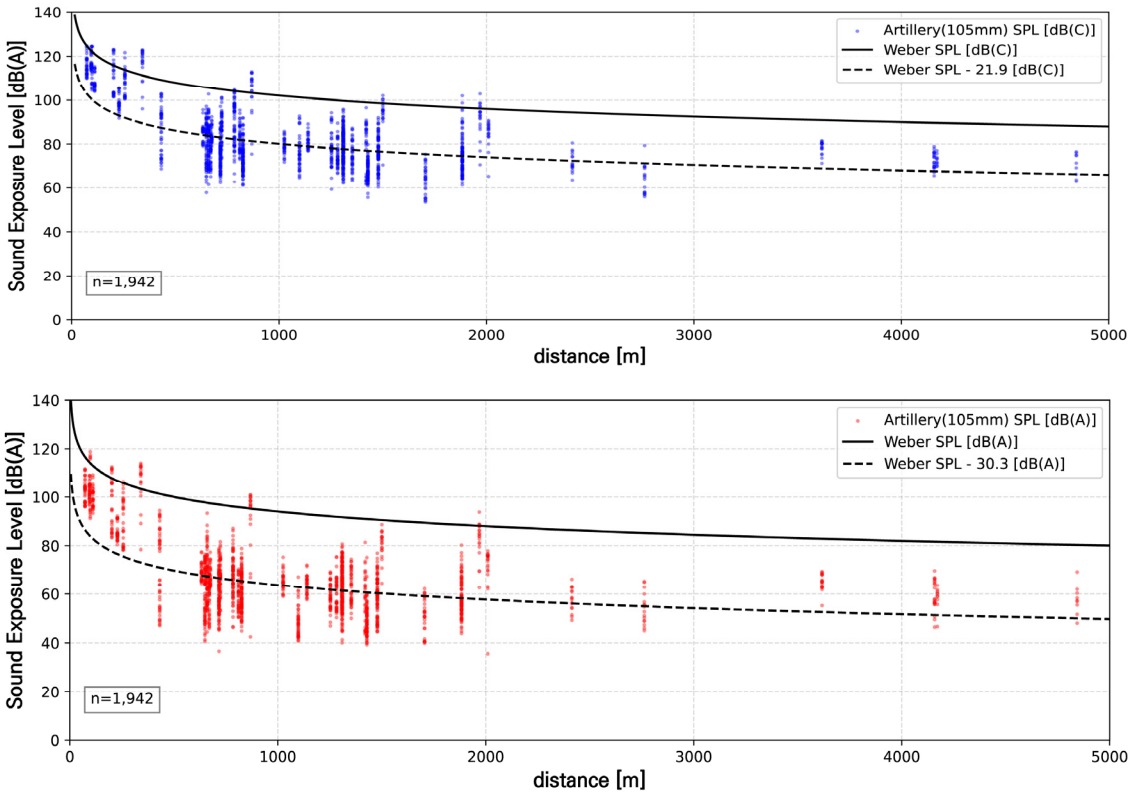


Fig. 3 Measurement result of 105 mm artillery sound exposure level [dB(C), dB(A)]

mm 포탄 사격 소음의 C-가중 소음노출레벨( $L_{CE}$ ) 값은 사격장 인근 250 m 범위에서 91.7 dB ~ 124.7 dB(C), 1 km ~ 5 km 범위의 지역에서 53.5 dB ~ 102.8 dB(C)로 측정되었다. A-가중 소음노출레벨( $L_{AE}$ )의 경우 사격장 인근에서 80.4 dB ~ 118.9 dB(A), 1 km ~ 5 km 범위의 지역에서 35.6 dB ~ 93.8 dB(A)로 분석되었다.

Fig. 3은 군사격장 소음 측정 결과와 Weber 음향파 위레벨로 산출한 이격거리별 SPL 분석자료를 나타낸 그래프이다. Weber 음향파위레벨을 거리감쇠만을 적용하여 계산하였을 때의 SPL 값은 실선과 같이 88 dB ~ 100 dB(C)로 산출된다. 실제 105 mm 포탄 사격 소음의 측정값은 지형·지물에 의한 차단과 지면·공기 흡음 등의 영향으로 인해서 점선과 같이 평균 21.9 dB 정도의 추가 감쇠가 발생하는 것으로 분석되었다. A-가중 소음노출레벨로 분석하면 Weber SPL 값의 범위는 80 dB ~ 92 dB(A)로 산출되며, 약 30.3 dB 정도의 추가 감쇠가 발생하는 것으로 분석된다.

A-가중 소음레벨의 감쇠가 C-가중보다 약 10 dB

더 크게 발생한 이유는 저주파 성분의 회절이 상대적으로 쉽게 일어나기 때문에, C-가중 소음레벨의 감쇠가 더 적게 일어난 것으로 판단된다. 또한 중·고주파 대역에서 공기 흡음의 영향을 더 크게 받으므로, A-가중 소음레벨의 감쇠가 더 크게 발생하는 것으로 추정된다.

일부 105 mm 포탄 사격 소음 값은 Weber 음향파 위레벨로 계산한 SPL 값보다 크게 측정되었다. 이는 여러 대의 포대가 동시에 발사할 경우이거나, 사격 소음의 강한 지향성으로 인해 계산값보다 크게 측정된 경우로 분석되었다.

Fig. 4는 군사격장 인근 1 km ~ 5 km 떨어진 지역에서, 105 mm 포탄 사격 소음 측정자료의 주파수 특성을 나타낸 그래프이다. 실선은 2.1절 Fig. 1의 Weber spectrum 값이며, 점선은 사격 소음 측정자료의 평균 스펙트럼 값이다. 105 mm 포탄 사격 소음은 저주파수 대역에서 음압레벨이 높은 것으로 분석되었지만, 중·고주파수 대역에서는 Weber spectrum보다 상대적으로 음압레벨이 낮게 측정되었다. 이는 먼 이격거

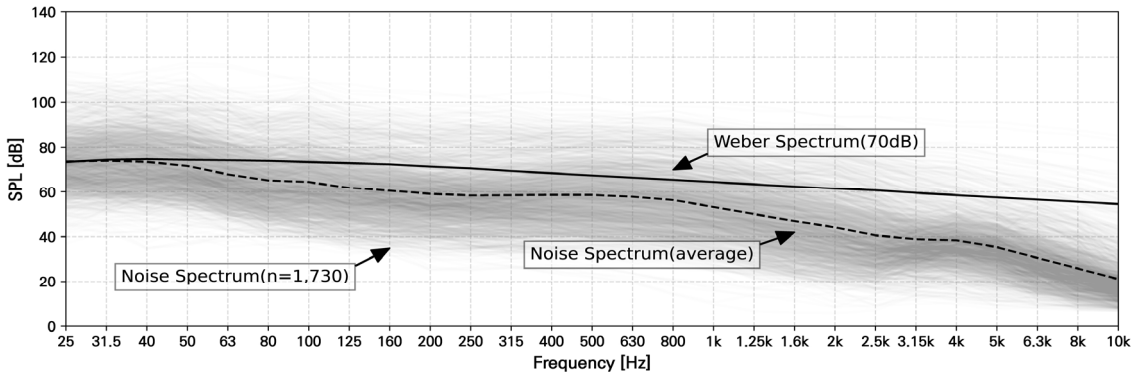


Fig. 4 Frequency response (105 mm artillery measurement result)

리로 인해 중·고주파 대역에서 공기흡음의 영향을 받기 때문으로 추정된다.

### 3. 사격 소음의 성가심 반응 실험 및 분석

#### 3.1 기존 연구자료

ISO 1996-1 규정서 부속서 C에 의하면<sup>(5)</sup> 강한 저주파 성분을 갖는 소음은 다른 소음원(도로·철도·항공기 소음)에 비해서 음압레벨이 증가함에 따라 성가심이 훨씬 빠르게 증가한다. 미국 국립연구위원회와 청각/생체음향 및 생체역학위원회의 연구보고서에서<sup>(4)</sup> 고-에너지 충격성 소음의 높은 성가심 유발률을 식 (3)으로 제시하였다.

$$P_{HA} = 100 \times \exp[-10^{0.045(61.1 - L_{Cdn})}] \quad (3)$$

$L_{Cdn}$  : C-weighted day-night sound pressure level [dB]

Fig. 5는 군사격장 소음을 포함하는 고-에너지 충격 소음과 도로교통소음·철도소음·항공기소음에 대한 높은 성가심 유발률  $P_{HA}$  곡선을 나타낸 그래프이다. 고-에너지 충격소음은 C-가중 소음레벨로, 그 외 소음은 A-가중으로 분석되어 있으므로 직접 비교하기는 어렵다. 하지만 측정 결과에서 C-가중 소음레벨이 A-가중 소음레벨 보다 평균 15 dB 더 크게 분석된 점을 고려한다면, 고-충격성 소음 > 항공기 소음 > 철도·도로 소음 순으로 높은 성가심 유발률  $P_{HA}$ 가 더 크게 나타나는 것으로 볼 수 있다. 또한 충격소음은 음압레벨이 증가함에 따라 성가심 비율이 더 크게 증가함을 확인할 수 있다.

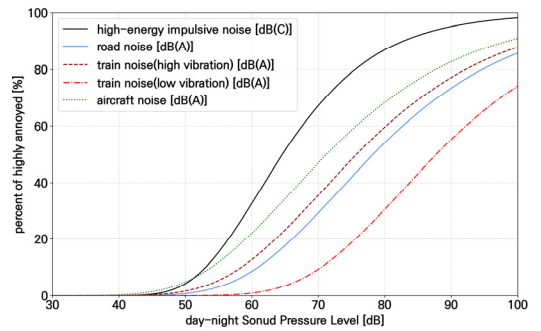


Fig. 5 High-energy impulsive noise  $P_{HA}(\%)$  curves (comparison with other traffic noise)

#### 3.2 청감실험 분석

청감실험은 군사격장 소음의 주관적 반응을  $P_{HA}$  (%) 값을 사용하여 분석하고, 음압레벨과 성가심간의 상관성과 C-가중과 A-가중 중 어떠한 평가단위가 더 정확하게  $P_{HA}(\%)$  값을 추정할 수 있는지를 확인하기 위해 수행되었다.

실험 인원은 총 36명이며, 설문 평가는 7점 척도(1: 전혀 성가하지 않음 ~ 7: 매우 성가심)로 3회 수행되었다. 실험에 사용한 음원은 군사격장 인근 주거지역에서 측정된 105 mm 포탄 소음, 피탄지에서 105 mm 포탄 피격 시 발생한 소음, 그리고 4.2인치 박격포 사격 소음이다. 피격 시 발생 소음과 박격포 소음은 105 mm 포탄과 발생빈도, 소음레벨이 유사하지만 주파수 특성에 차이가 있다. 음원은 정밀급 소음측정기기인 RION NL-52로 녹음한 자료를 사용하였으며, 더미헤드(HSU III.2; head acoustics)로 주파수 특성을 보정하였다. 세부 사항은 Table 2와 같다.



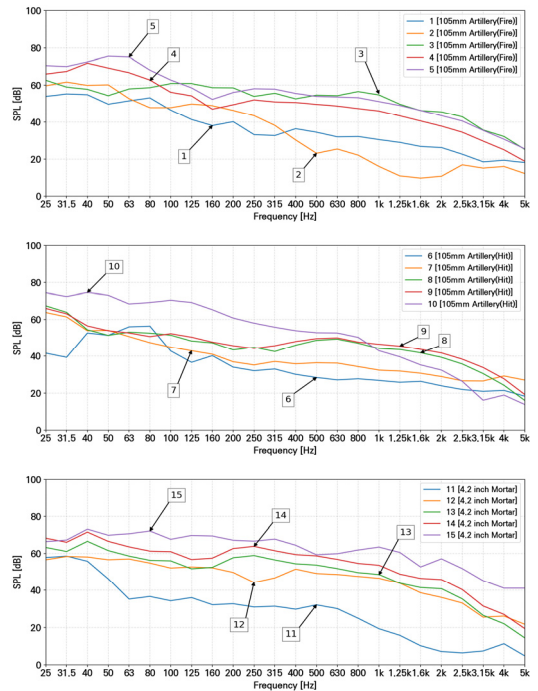
**Table 2** Details about the auditory experiment

Test No.	Test 1	Test 2	Test 2
Background noise	31 dB(A)	28 dB(A)	32 dB(A)
Temperature	24°C	22°C ~ 23°C	
Humidity	50 %	45 % ~ 55 %	
Number of respondents	5	15	16
Gender	Male	3	3
	Female	2	12
Age group	20 ~ 29	2	-
	30 ~ 39	1	6
	40 ~ 49	1	7
	50 ~ 59	1	2
Headphone	DT 770 PRO (80 ohm)		
Audio interface (DAC)	PreSonus HP4 (4 ch)		

**Table 3** Result of the auditory experiment

No.	Type	$L_{CE}$ [dB(C)]	$L_{AE}$ [dB(A)]	$P_{HA}$ [%]
1	105 mm Artillery (Fire)	60.0	41.3	0
2		65.0	42.6	0
3		70.0	61.9	22.2
4		75.0	55.8	50.0
5		80.0	61.3	66.7
6	105 mm Artillery (Hit)	60.0	39.6	0
7		65.0	43.5	5.6
8		70.0	54.1	33.3
9		75.0	55.5	33.3
10	106.68 mm Mortar	80.0	61.1	44.4
11		60.0	35.2	0
12		65.0	54.9	25.0
13		70.0	59.0	50.0
14		75.0	64.0	61.1
15	80.0	70.5	72.2	

청감실험에 사용한 음원은 Table 3과 같이  $L_{CE}$ 를 기준으로 60 dB ~ 80 dB(C) 범위에서 5 dB 간격으로 보정하여 무작위 순서로 재생되었다. 소음 레벨 범위를 60 dB ~ 80 dB(C)로 설정한 이유는 다음과 같다.



**Fig. 6** Frequency spectrum of the auditory experiment sources

(1) 기존  $P_{HA}$ (%) 곡선의 주요 레벨 변화는  $L_{Cdn}$  기준 45 dB ~ 65 dB(C) 구간에서 발생하며, 이에 해당하는 범위를  $L_{CE}$  60 dB ~ 80 dB(C) 범위로 설정함.

(2) 군사격장 인근 1 km ~ 5 km 범위에서 측정된 소음노출레벨 값이 60 dB ~ 80 dB(C) 범위로 분석되었음.

(3) 80 dB(C)을 초과하는 소음은 청감 실험을 진행하기에 너무 큰 소음이며, 대부분의 사람들에게 높은 성가심을 일으킬 것으로 예상됨.

(4) 60 dB(C) 미만의 소음은 인지하기가 어려움.

실험에 사용한 음원의 주파수 특성을 Fig. 6에 나타내었다. 1번부터 5번까지의 음원은 105 mm 포탄 사격 시 주파수 특성을 보여준다. 이 중 105 mm 포탄 사격 소음 중 3번 소음이 다른 105 mm 포탄 소음에 비해 중·고주파 대역의 영향이 컸기 때문에,  $L_{AE}$ 값의 경향성이 2, 4번과 상이함을 확인하였다.

6번부터 10번은 105 mm 포탄 피격 시 소음, 11번

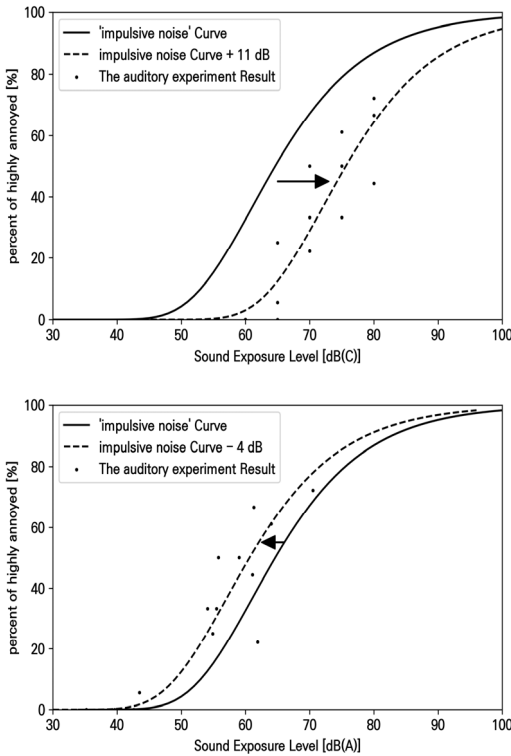


Fig. 7 Experiment result (comparison with high-energy impulsive noise curve) [dB(C), dB(A)]

부터 15번까지는 4.2인치 박격포 소음에 대한 주파수 특성 자료이다. 105 mm 포탄 피격 시 소음은 105 mm 포탄 사격 시 소음과 유사한 주파수 특성을 갖고 있지만, 박격포 소음은 상대적으로 중·고주파 대역의 영향이 더 크게 나타났다. 따라서 같은  $L_{CE}$  값으로 분석되더라도,  $L_{AE}$  값이 타 소음원에 비해 크게 분석되었다. 반면에  $L_{CE}$  값이 60 dB(C)로 낮은 11번 음원은 박격포 소음이라든가 중·고주파 대역의 영향이 적은 것으로 분석되었다.

군사격장 소음에 대한 청감 실험 결과는 Table 3, Fig. 7과 같다. Fig. 7의 실선은 기존 문헌자료의 고-에너지 충격소음에 대한 성가심 반응 곡선이며, 청감 실험 결과는 점으로 표현하였다.

기존 연구에서의 성가심 유발률 곡선은 주로 C-가중 주야평균소음도인  $L_{Cdn}$ 로 조사되었지만, 본 연구에서는 사격 횟수와 시간대가 동일한 것으로 가정하여, 1회 사격 시 소음노출레벨을 기준으로만 청감 실험을 실시하였다. 청감 실험은 설문조사 방법과 달리 1일

동안의 소음을 대상으로 진행할 수가 없기 때문이다. 만약 매 사격 시 소음레벨이 동일하다고 가정한다면, 주야평균소음도  $L_{Cdn}$ 과 소음노출레벨  $L_{CE}$ 간의 차이는 시간대별 발사 횟수에 의해서만 발생할 것이다. 그러므로 이 연구에서는 소음레벨 외의 조건은 모두 동일하다 가정하고, 기존 고-에너지 충격성 소음의 높은 성가심 유발률 곡선을 Fig. 7의 점선과 같이 평행 이동시키는 것으로 청감실험 결과와 비교·분석하였다. 성가심 유발률 곡선이 실험 결과와 어느 정도로 일치하는지를 확인하기 위해서 식 (4)와 같이 결정계수(R-squared)를 활용해 비교·분석하였다.

$$R^2 = 1 - SSR/SST \tag{4}$$

SSR : residual sum of squares

SST : total sum of squares

C-가중 소음레벨의 경우 점선과 같이 기존 성가심 곡선에서 +11 dB을 평행이동 할 때, 결정계수(R-squared)가 0.813으로 가장 높게 분석되었다. A-가중 소음레벨에서 가장 높은 결정계수 값은 -4 dB를 평행이동 할 때 0.809로, C-가중 소음레벨에서의 결정계수 값과 유사하게 나타난 것으로 분석되었다. 하지만 C-가중 소음레벨과 기존 성가심 곡선 간의 편차는 모든 음원에서 상대적으로 유사하게 발생하고 있고, A-가중 소음레벨에서는 3번 음원으로 인해 편차가 크게 발생하였다는 점에서 차이가 있다.

앞서 분석한 내용과 같이 3번 음원은 다른 105 mm 사격 소음에 비해 주파수 특성이 상이하었으므로, 해당 음원을 제외하여 결정계수를 다시 분석하였다. 재분석 결과 C-가중 소음레벨에서의 결정계수 값은 0.816으로 기존 결과와 유사하지만, A-가중 소음레벨은 0.919로 기존보다 결정계수가 약 0.1 높아지는 것으로 분석되었다.

#### 4. 결 론

이 연구에서는 군사격장 인근 주거지역에서의 소음특성을 기존 문헌자료, 측정자료 및 청감 실험을 통해 조사하고, C-가중 소음레벨과 A-가중 소음레벨 중 어떠한 평가단위가 성가심 반응을 더 정확하게 평

가할 수 있는지에 대해서 분석하였다. 측정자료는 군사격장에서 발생하는 소음 중 105 mm 포탄 사격 소음을 대상으로 하여, 250 m 범위의 군사격장 인근에서 212개와 1 km ~ 5 km 범위의 지역에서 1730개의 소음노출레벨 자료를 분석하였다. 청감 실험은 105 mm 포탄 피격 소음과 106.68 mm 박격포를 추가하여 수행하였다. 주요 연구결과를 다음과 같이 정리하였다.

(1) 군사격장 소음의 공기전달 특성을 분석하기 위해 ISO 17201-2의 사격소음 분석 방법을 사용하여 측정자료와 비교·분석하였다. C-가중 소음노출레벨은 1 km ~ 5 km 범위의 지역에서 약 55 dB ~ 100 dB(C) 범위로 측정되었으며, 거리감쇠로 계산한 결과보다 평균 21.9 dB 정도의 추가 감쇠가 발생하였다. A-가중 소음노출레벨의 경우 1 km ~ 5 km 범위의 지역에서 약 35 dB ~ 95 dB(A) 범위로 측정되었으며, 평균 30.3 dB 추가 감쇠가 발생한 것으로 분석되었다. A-가중 소음레벨의 감쇠가 더 크게 발생하는 이유는 저주파 성분의 음이 더 쉽게 회절되고, 공기 흡음의 영향으로 중·고주파 감쇠가 더 크게 발생하기 때문으로 판단된다.

(2) 청감 실험을 통해 상대적으로 소음레벨이 낮은 지역에서는 A-가중 소음레벨로 평가하는 것이 C-가중 소음레벨과 유사하거나 더 정확하게 성가심 반응을 분석할 수도 있음을 확인하였다. 기존 연구에서는<sup>(4)</sup> 군사격장 소음을 소닉붐과 같이 매우 큰 충격성 소음과 함께 성가심 반응을 조사하였지만, 이 연구에서는 대형화기 소음만을 대상으로 하였고, 소음레벨이 상대적으로 낮은 지역에서의 조사 결과이기 때문에 판단된다. C-가중 소음레벨은 100 phon을, A-가중 소음레벨은 40 phon 등청감곡선 소음레벨을 고려한 가중값이기 때문에, 성가심 반응이 A특성에 가깝게 나타났을 가능성이 있다. 이 연구의 결과는 향후 군사격장에서의 소음기준이 강화되어 보상 범위가 넓어질 경우, 구경 20 mm 이상의 대형화기라 하더라도, 상대적으로 낮은 범위의 소음레벨로 조사된 지역에서는 A-가중 소음레벨로 평가하는 것이 더 적절한 방법일 수도 있음을 시사한다.

(3) 이 연구의 결과만으로 군사격장의 소음 평가 단위를 결정하거나 변경하는 것은 논란의 여지가 있다. 평가단위를 거리별로 다르게 설정하는 것은 선택이 거의 없고, 다른 청감실험에서 상이한 결과가

나타날 수 있으므로, 추후 연구에서 심도있는 토의가 필요하다.

(4) 청감실험에 사용한 헤드폰(DT 770 PRO)은 주파수 응답이 5 Hz ~ 35 000 Hz 범위로 저주파수 구현이 가능하고, 외부소음을 약 18 dB(A) 차단할 수 있도록 설계되어 있지만<sup>(7)</sup>, 고-에너지 충격소음이 청각으로만 성가심을 일으키는지 혹은 신체에 전달되어 발생하는 진동으로 같이 영향을 주는지에 대해서 분석이 필요하다. 향후 연구에서는 기존 연구와 같이<sup>(8)</sup> 개방형 헤드폰과 서브우퍼 스피커를 사용하는 방법에 대해서 검토하고자 한다.

## 후 기

이 논문은 2022년도 서울시립대학교 교내학술연구비에 의하여 지원되었음.

## References

- (1) Hong, J. H. and Ha, Y., 2021, Possible Improvements to the Military Airfields and Military Firing Ranges Noise Prevention and Compensation Act, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 31, No. 6, pp. 654~660.
- (2) Schultz, T. J., 1978, Synthesis of Social Surveys on Noise Annoyance, Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 64, No. 2, pp. 377~405.
- (3) World Health Organization, 2018, Environmental Noise Guidelines for the European Region, World Health Organization Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark.
- (4) National Research Council, 1996, Community Response to High-energy Impulsive Sounds: An Assessment of the Field since 1981, The National Academies Press, Washington, DC.
- (5) International Organization for Standardization, 2016, Acoustics - Description, Measurement and Assessment of Environmental Noise - Part 1: Basic Quantities and Assessment Procedures, ISO 1996-1:2016.
- (6) International Organization for Standardization, 2006, Acoustics - Noise from Shooting Ranges - Part 2: Estimation of Muzzle Blast and Projectile Sound by Calculation, ISO 17201-2:2006.



(7) Beyerdynamic GmbH & Co. KG, DT 770 PRO: User Manual, Author, Heilbronn, Germany.

(8) Song, H., Kim J., Lee, S., Kim, S. and Ryu, J., 2020, Suggestion of Single Number Quantity for Low Frequency Noise in Indoor Space through Auditory Experiments, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 30, No. 6, pp. 538~545.



**Yo-Han Seong** received the B.S. in Dept. of Physics from Inha University in 2014 and M.S. in Dept. of architectural engineering from University of Seoul. He is currently a Ph.D. candidate at University of Seoul and also serves as an assistant manager of Woomi Construction in Korea. His research is about architectural acoustics.



acoustics.

**Ha-Geun Kim** is the CEO of Korea Environment Design. He received the B.S., M.S. and Ph.D. in Dept. of architectural engineering from Hanyang University, Seoul, Korea in 1984, 1986, and 1999, respectively. His research is about architectural



**Myung-Jun Kim** received the B.S., M.S. and Ph.D. in Dept. of architectural engineering from Hanyang University, Seoul, Korea in 1987, 1989, and 1999, respectively. He is currently a professor in the Dept. of Architectural Engineering at University of Seoul. His research interests are in the area of architectural acoustics and sound insulation in buildings.