

# 충격성 소음에 대한 성가심 반응

## - 건설공사장 소음을 중심으로 -

Response of Annoyance for Impulsive Noise

- Focusing on the Construction Noise -

김득성<sup>†</sup> · 장서일\* · 전형준\*\* · 이연수\*\*\*

**Key Words** : Impulsive Noise(충격성 소음), A-weighted Sound Exposure Level(ASEL, A보정 단발소음노출레벨), Annoyance(성가심).

### ABSTRACT

This research presents a laboratory study about an annoyance of impulsive sound caused by construction site(breaker and blasting). The sources are sampled from outdoor noise and their levels range from 40 to 75 dB at the interval of 5dB. The noise unit is based on A-weighted sound exposure level (ASEL;  $L_{AE}$ ). To make equal ASEL of outdoor noise, finite impulse response (FIR) filter is applied to the originally sampled source to include the effect of distance attenuation. The evaluation method of jury test adopted a Semantic Difference Method (SDM). In the result of the Jury test for impulsive noise, the annoyance response of blasting noise was higher than that of breaker noise.

의

### 1. 서 론

오늘날 우리는 많은 소음 환경에 노출되어 있다. 도로와 전로가 확장되고, 재개발이 확대되면서 소음 노출 수준은 더 증가하고 있다. 그리고 도심지 곳곳에서 개발을 위한 건설 공사장들을 쉽게 볼 수 있다. 건설 현장에서는 파워가 매우 높은 장비들을 주로 사용한다. 또한 충격성 소음을 유발하는 장비들 또는 재료를 사용한다. 2005년도 자료<sup>1)</sup>를 살펴보면, 우리나라 전체 소음 민원(28,940건) 중 68%가 공사장 소음(19,666건) 때문에 발생한 민원들이다. 민원의 절반 이상을 차지하는 공사장 소음은 다른 생활소음과는 달리 충격성 소음 성분을 많이 포함한다. 브레이크나 발파 작업도 이에 포함되는데, 순간적으로 고에너지를 방출한다. 이런 점에서 충격성 소음은 성가심 뿐만 아니라 청력손상의 원인이 되기 때문에 중요하다.

충격성(Impulsive) 소음은 “소리의 세기가 매우 빠른 속도로 증가하고 지속시간이 짧은 소음”으로 정의한다.<sup>2)</sup> OSHA 기준에서는 충격성 소음레벨의 최대세기(peak intensity)까지 35ms이하의 상승시간과 피크레벨로부터 20dB 감쇠되는 지속시간이 500ms이하의 지속시간을 가

지는 소리로서 정의<sup>3)</sup>한다. 만약, 충격성 소음이 1s 미만의 간격으로 발생할 경우, 연속소음으로 간주한다. 국내<sup>4)</sup>에서도 충격성 소음은 “최고점에 이르는 상승 시간이 35ms 이하이고, 그 지속시간이 0.5s 이내인 소음”으로 정의하고 있다.

이러한 충격성 소음의 성가심(%HA) 평가는 소음원의 특성상 교통소음에 대한 평가<sup>5)</sup>(A-보정  $L_{eq}$ ,  $L_{DN}$  또는  $L_{DEN}$ )와는 다른 단위인 SEL(Sound Exposure Level)을 주로 평가한다. 현재 사용되는 SEL의 종류에는 다이내믹 필터를 이용하여 등라우드니스 레벨 곡선<sup>6)7)</sup>을 사용하는 LLSEL (loudness-level-weighted SEL)과 A-보정을 사용한 ASEL<sup>8)</sup>이 있다. 일반적으로 ASEL은  $L_{Amax}$ 보다 큰 값으로 나타난다.

성가심(Annoyance)은 “개인이나 단체에 악영향을 주는 것으로 알려진 어떤 행위자나 상황과 관련된 불쾌한 감정” 또는 “적의(resentment), 불쾌(displeasure), 불안(discomfort), 불만(dissatisfaction)의 감정이나 소음이 사람의 생각, 감정 또는 일상생활을 방해할 때 생기는 불쾌감” 등으로 정의<sup>2)</sup>한다. Schultz는 성가심 척도에서 상위 27~29%에 응답한 사람들을 “highly annoyed”라고 분류하였고, 이 척도를 %HA로 사용<sup>9)</sup>하였다. 여기서, 27%는 11점 척도의 상위 세 단계(9, 10, 11점)를, 29%는 7점 척도에서 상위 두 단계(6, 7점)를 포함한 %이다.

본 연구에서 충격성 소음에 대한 주관적 평가와 관련된 연구의 일환으로, 건설현장에서 녹음한 충격성(브레이크와 발파) 소음을 이용하여 음원 레벨에 따른 성가심(%HA)

† 서울시립대학교 환경공학과 대학원  
E-mail : kgrz@naver.com  
Tel : (02) 2210-2986, Fax : (02) 2210-2877

\* 서울시립대학교 환경공학부

\*\* 서울시립대학교 환경공학과 대학원

\*\*\* 서울시보건환경연구원

평가를 실행하였다. 브레이커 소음의 경우 발생횟수와 발생 주기에 따른 주관적 평가 결과도 서로 비교해 보았다. 본 연구는 실외 소음과 실내 소음 중 실외 소음에 대한 %HA의 결과를 대상으로 하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 음 전파에 따른 감쇠(ISO 9613)

실외에서 소리가 발생하고 수음지점까지 전달되는 과정에서 여러 인자들의 영향으로 소리는 일정크기 만큼 감쇠된다. 이렇게 음이 대기 중으로 전달되는 과정에서 인자들의 영향을 단순화시킨 규격이 ISO(International Organization for Standardization)-9613 규격이다. 이 규격은 옥외 소음원으로부터 방사되는 소음의 전달 감쇠를 산정하기 위한 공학적 방법을 규정하고 있다.

ISO 9613-Part1<sup>10)</sup>은 주파수에 따라 대기에서 소리가 감쇠되는 계수의 계산식을 제공하고 있다. 이 규격은 중심 주파수 영역이 50~10kHz(1/3 옥타브), 기온은 -20~50℃, 상대습도 10~100%, 기압은 1atm인 조건에서 사용할 수 있다. ISO 9613-2<sup>11)</sup>는 일반적인 계산 방법을 제공한다. 또한 여러 감쇠인자들을 고려하여 계산할 수 있으며, 중심주파수는 63~8kHz(1/1 옥타브) 범위에서 계산할 수 있다. 계산식<sup>11)</sup>은 다음과 같다.

$$L_{rT} = L_W + D_C - A_{div} - A_{atm} - A_{gr} - A_{bar} - A_{misc} \quad (\text{Eq. 1})$$

$L_W$  : 소음원의 옥타브 밴드 음향출력레벨( $W_0=10^{-12}W$ )

$D_C$  : 소음원의 지향지수(Directivity Index)

$A_{div}$  : 기하학적 확산 효과에 의한 감쇠

$A_{atm}$  : 공기 흡음 효과에 의한 감쇠

$A_{gr}$  : 지반의 영향에 의한 감쇠

$A_{bar}$  : 구조물 효과에 의한 감쇠

$A_{misc}$  : 기타 효과에 의한 감쇠

본 연구에서는 대기부분의 감쇠계수를 구하기 위해서는 ISO 9613-1을, 그 외 나머지 감쇠계수를 구하기 위해서는 ISO 9613-2를 사용하였다. 그리고 지향지수, 기하학적 확산, 공기흡음 및 지반 영향에 의한 감쇠인자만을 고려하여 FIR 필터를 제작하였다. FIR 필터는 위상차가 발생하지 않는 중요한 특성을 가진 필터로, 청취음원 제작에 적절한 필터이다.<sup>12)</sup> ISO 감쇠인자들 중 차폐물과 기타 효과를 고려하기엔 종류가 너무 다양하여 FIR 필터 인자로 사용하지 않았다.

### 2.2 SEL(Sound Exposure Level, $L_E$ )

SEL은 단일 소음이벤트에서 발생된 전체 소음 에너지를 나타내며, 시간에 따라 변하는 단일 소음 이벤트 레벨

의 전체 소음 에너지와 같은 에너지를 가지는 소음레벨이 1초 동안 유지되는 연속소음레벨로서 정의<sup>13)</sup>된다. SEL의 정의에서는  $L_{eq}$ 와의 관계를 설명하고 있다. 다음 식들은 A-보정 SEL(ASEL,  $L_{AE}$ )의 계산과정과 단일 이벤트 발생시간이 1초 이상인 경우, ASEL과  $L_{Aeq}$ 와의 관계<sup>14)</sup>를 나타낸다. ASEL의 계산에서 사용되는 지속시간은 ' $L_{Amax}-10dB(A)$ '에 해당하는 두 지점( $t_1, t_2$ )의 시간으로 제한한다. 여기서 T는 전체 발생시간을 나타낸다.

$$L_{AE} = 10\log \left[ \int_{t_1}^{t_2} 10^{L_A/10} dt \right] \quad \text{dB(A)} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$L_{Aeq} = 10\log \left[ \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n 10^{L_{AE}/10} \right] \quad \text{dB(A)} \quad (\text{Eq. 3})$$

본 연구에서는  $L_{Aeq}$ 를 구한 후 역으로 ASEL을 산정하였다. 전체 음원 지속시간 T는 브레이커 소음의 경우, 1.6s, 발파소음의 경우 1.5s이다.

## 3. 음원 설정 및 실험 방법

### 3.1 음원 설정 및 레벨 조절

청감실험에 사용되는 음원은 브레이커 소음과 발파소음이다. 음원은 이문동 주변의 주상 복합 공사 현장과 필동 주변 사옥 증축 공사현장에서 측정하였다. 측정은 사람 형상을 하고 있는 Dummy(HEADacoustics사, HMS III, Binaural) 장비를 사용하였으며, Sampling Rate은 48kHz, Resolution은 24bit로 설정하여 녹음하였다.

Figure 1은 대상음원의 시간 이력 특성을 보여준다. 브레이커 소음은 두 종류(Figure 1-(a), (b))로 분류하였고, 발파소음은 장약량(0.5, 0.75kg)에 따라 두 종류(Figure 1-(e), (f))로 분류하였다. 브레이커 소음의 경우, 발생횟수와 주기에 따른 성가심 평가를 위해 음원을 청감실험의 목적에 맞게 제작(Figure 1-(c), (d))하였다. 음원 내에는 엔진소리 및 다른 배경소음도 모두 포함되어 있다.

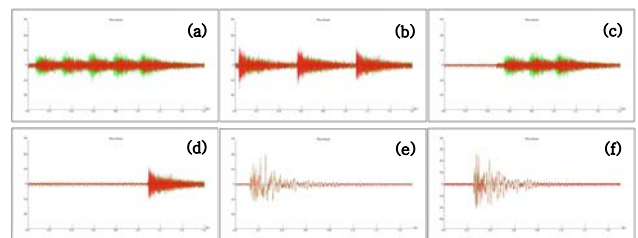


Figure 1. Measurement results of construction noise :  
(a) Breaker5, (b) Breaker3, (c) Breaker5-2,  
(d) Breaker3-2, (e) Blasting050, (f) Blasting075.

청감실험에 사용되는 음원은 Figure 1에 제시한 원음

을 들려주는 것이 아니라 ISO 9613의 감쇠계수를 계산하고, 감쇠량을 FIR 필터로 제작 후 원음에 적용시켜 청감실험에 사용되는 음원을 제작하였다. 청감실험에 주목적이 되는 대상음원 레벨은 40~75ASEL이며, 음원 간격은 5dB로, 총 6개의 레벨이 대상이다.

Figure 2는 FIR 필터를 사용하여 제작된 청취 레벨(40~75ASEL)로, 주파수 성분을 나타낸 것이며, 대상음원만을 제시한 것이다. 단, 기준음원으로 사용된 Pink Noise는 FIR 필터 사용 않고 제작하였다. 본 연구에서는 실험에 사용되는 음원의 개수는 총 56개(7(음원수)×8(레벨수))로, 대상음원 6개와 기준음원(Pink Noise) 1개를 사용하였다. FIR 필터는 T-DAS(MTS사) 프로그램으로 제작하였고, 음원은 SQ(MTS사) 프로그램으로 제작하였다.

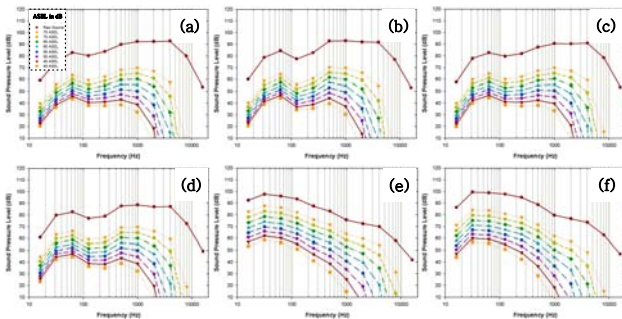


Figure 2. Sources used to Jury test. : (a) Breaker5, (b) Breaker3, (c) Breaker5-2, (d) Breaker3-2, (e) Blasting050, (f) Blasting075.

### 3.2 실험 장소, 방법 및 피험자들

실험은 청감실(Listening Room)에서 실행하였다. 청감실의 재원 및 사양은 AES 기준<sup>15)</sup> 및 SAE 가이드라인<sup>16)</sup>과 비교하여 Table 1에 정리해 놓았다. Table 1에 제시된 기준 또는 가이드라인은 서로 대상이 다르지만, 청감실이나 청감실험을 위해 필요한 조건들이다. 실험에 사용된 청감실은 두 기준에 대부분 만족하고 있기 때문에, 청감실험에 적당한 장소로 판단된다.

음은 3가지 방식으로 들려주었다. 첫 번째 방식은 청취레벨이 낮은 음(40ASEL)부터 청취레벨이 높은 음(75ASEL)으로 들려주어(Bottom-Up(BU) 방식) 성가심을 평가하도록 하였다. 두 번째 방식은 청취레벨을 고려하지 않고 모든 음을 랜덤(Random(R) 방식)으로 들려주고 성가심을 평가하도록 하였다. 마지막 방식은 청취레벨이 높은 음부터 낮은 음으로 들려주며(Top-Down(TD) 방식) 성가심을 평가하도록 하였다. 이는 가청역치 실험결과<sup>17)</sup>에서 음원을 들려주는 방식에 따라 피험자들의 반응이 서로 다르게 나타나는 "Hysteresis effect" 현상을 보였기 때문에, 청감실험에서도 "hysteresis effect" 현상이 나타나는지 확인하고자 실시하였다.

Table 1. Comparison of the characteristic between listening room and ASE standard<sup>15)</sup> or SAE guideline<sup>16)</sup>.

항 목	AES	SAE	청감실
Test 공간 면적(m <sup>2</sup> )	20 이상	-	19.7
최소 천장 높이(m)	2.1	-	2.445
체적(m <sup>3</sup> )	50~150	-	63.4 <sup>[비교1]</sup>
NRC <sup>[비교3]</sup>	-	-	0.835
배경소음	dB(A)	35 이하	22.6
	dB(C)	50 이하	45.4
	NCB <sup>[비교4]</sup>	-	20 이하
NR(dB) <sup>[비교5]</sup>	-	-	20
측정 장비	Type 1 or 0	-	Type 1
온도	-	72~75° F <sup>[비교2]</sup>	22~24° C
습도	-	45~55%	45~55%
공기순환			흡배기시설
실험 장비	스피커	헤드폰 권장	헤드폰 사용

- 비 고 : 1. 체적은 컨트롤 룸(15.3m<sup>3</sup>) 체적을 포함한 값임.  
 2. 72~75° F는 22.2~ 23.9° C에 해당함.  
 3. NRC=Noise Reduction Coefficient  
 4. NCB=Balanced Noise Criterion<sup>18)</sup>  
 5. NR=Noise Reduction.

실험방법은 SDM(Semantic Differential Method)<sup>16)</sup>을 사용하였다. SDM은 일반적으로 서로 상반되는 반의어(형용사구)를 사용하고, 서로 상반되는 형용사구 사이에 적절한 부사어를 삽입하여 그 음의 크기나 척도를 구성한다. 일반적으로 사용되는 척도는 5점, 7점, 11점 척도들이 많이 사용된다. 본 연구에서도 7점 척도를 사용하여 성가심을 평가했다. Figure 3은 본 연구에서 사용된 7점 척도 평가 단계를 나타낸 것이다.

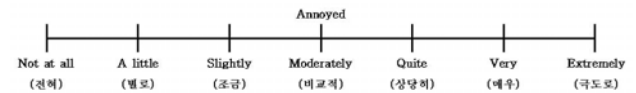


Figure 3. Semantic Differential Scale (7 points).

피험자들에게는 실험하기 전 기초 설문조사와 청력검사를 실행하였다. 실험에 참여한 총 인원수는 63명(여자 : 21명, 남자 : 42명)이며, 실험 대상 평균연령은 22.4세(18~29세)였다. 헤드폰(이어폰) 착용에 대한 질문에서는 51명(81%)이 항상 착용을, 12명(19%)이 미착용하는 것으로 응답했다. 청력실험결과 헤드폰을 착용하지 않는 피험자들이 가청역치가 더 낮게 나타났다.<sup>19)</sup> 또한, 공사장 소음을 들어본 경험에 대한 결과는 18명(28.6%)만이 들어본 적이 있는 것으로 응답했다. 실험에 참여한 피험자들에게 청력검사 실시하였고, 그 결과는 모두 정상청력을 가진 것으로 판명<sup>17)</sup>되었다.

실험시간은 약 4시간(청력검사 40분×2회, SDM 20분×3회, PCM 35분×2회) 정도로 이를(90min/day)에 걸쳐 진행하였다. 실험인원은 한 번에 3 또는 4명씩 그룹을 지어 동시에 실행하였다. 음원은 헤드폰을 통해 재생하였다.



Figure 4. Process of preparation and operation for Jury test

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 결과

본 연구에서 실시한 분석 방법은 충격성 공사장 소음(브레이커 및 발파)의 성가심 평가 결과에서 6점(매우)과 7점(엄청나게) 척도를 선택한 피험자들의 결과들만 추려내 %HA를 도출하였다.

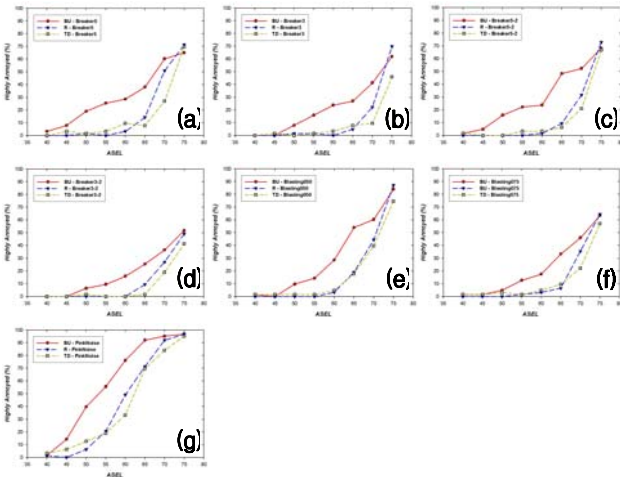


Figure 6. %HA results according to the sources.:  
 (a) Breaker5, (b) Breaker3, (c) Breaker5-2,  
 (d) Breaker3-2, (e) Blasting050, (f) Blasting075,  
 (g) Pink-Noise.

Figure 6은 음을 들려주는 세 가지 방식(BU, R, TD)에 따라 반응하는 %HA 결과를 나타낸다. 이 결과에서, 음을 들려주는 방식에 따라 성가심 반응이 상당한 차이를 나타내는 것을 알 수 있다. 가장 높은 성가심 반응을 나타내는 것은 BU(상향식)방식이었고, 다음은 R(랜덤) 방식, 가장 낮은 성가심을 나타낸 방식은 TD(하향식)방식이였다.

기준음원으로 사용된 핑크노이즈의 경우, 성가심 평가 대상 음원들보다 더 높은 성가심 반응을 나타내었다. 따라서 향후 연구 과정 중 기준음원을 제외하고 대상음원(공사장 소음)들만으로 구성된 실험을 실시하여, 대상음원보다 더 성가심 음원의 존재에 따른 성가심 정도의 차이를 비교할 예정이다.

여기서, BU 방식의 경우, 40ASEL인 대상음원(6개)에 대한 평균 성가심 점수는 약 2.55이고, 75ASEL인 대상음원에 대한 평균 성가심 점수는 약 5.79이며, 대상음원에 대한 평가 범위가 약 3.24로 3가지 방법들 중 가장 좁았다. 또한, R 방식의 경우는 40ASEL의 평균 점수가 1.81, 75ASEL의 평균 점수는 5.89로 성가심 평가 범위(4.08)가 가장 넓었다. TD 방식의 경우에서는, 40ASEL의 평균 점수가 2.23, 75ASEL의 평균 점수는 5.67로 성가심 평가 범위(3.44)는 BU보다 넓었다. 이 자료에서 보듯, BU 방식에서는 가장 낮은 레벨(40ASEL)에 대한 성가심 평가를 다른 방식들보다 높게 평가했다는 사실을 알 수 있다. 또한, TD 방식에서는 최대 레벨(75ASEL)에서, 다른 방식들보다 낮게 평가했다는 점도 알 수 있다.

청감실험을 종료한 후 구두 형식으로 성가심 평가에서 "앞에 들린 음이 뒤에 들리는 음의 성가심 평가에 영향을 주는 것 같으십니까?" 라는 질문에, 대다수의 피험자들(56명(88.9%))이 "주는 것 같다" 라고 응답했다. 또한, BU와 TD 방식의 경우, 다음에 들릴 음의 크기 정도를 어느 정도 예상할 수 있기 때문에, 성가심 정도를 판단하기 쉬웠지만, R 방식의 경우는 예상할 수 없어 신경이 더 예민해진다는 답변을 해 주었다. 향후 실험부터 이 항목을 설문할 예정이다.

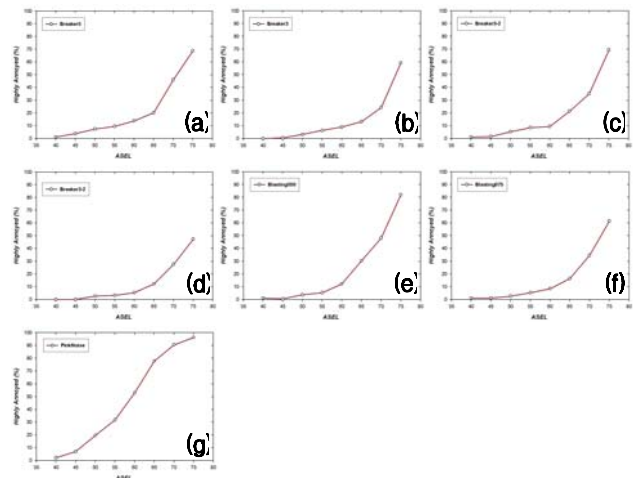


Figure 7. %HA results of summation(three methods) :  
 (a) Breaker5, (b) Breaker3, (c) Breaker5-2,  
 (d) Breaker3-2, (e) Blasting050, (f) Blasting075,  
 (g) Pink-Noise.

Figure 7은 음원별로 음을 들려주는 3가지 방식들(BU, R, TD)의 %HA를 모두 종합하여 성가심 반응을 단일 곡선으로 나타낸 결과들이다. 이 결과를 살펴보면, 브레이커 소음의 경우, 이벤트 발생회수에 따른 성가심 반응은 횟수가 많은 소음(Breaker5)일수록 더 높게 나타났다. 그리고 동일한 이벤트 횟수(Breaker3와 Breaker5-2)에서도 그

발생주기가 더 빠를수록(Breaker5-2) 성가심 반응은 더 높게 나타났다. 발파소음에 대한 성가심 분포는 고주파수 성분이 많은 소음(Blasting075, 0.75kg)보다는 저·중주파수 에너지를 많이 포함하는 소음(Blasting050, 0.5kg)에 성가심 반응이 높게 나타났다. 원상태의 Blasting075 음원이 Blasting050 음원보다 더 많은 에너지를 포함하고 있으나 청취레벨 제작과정에서 동일한 ASEL을 만들기 위해 더 많은 저·중주파수 에너지를 저감시킨 영향으로 판단된다. 대상 소음들 중 성가심 반응 정도가 큰 소음은 발파소음(Blasting050, 0.5kg)이었고, 브레이커 소음 중에서는 Breaker5가 높게 나타났다. 이 결과에서 사람들은 동일한 에너지의 소음이라 해도 발생횟수가 더 많고, 발생주기가 짧은 음에 더 성가심을 느끼는 것으로 보인다.

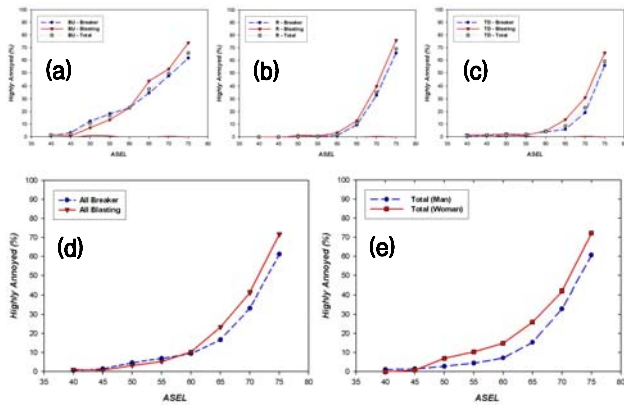


Figure 8. Results of annoyance by (a) BU (b) R, (c) TD, (d) Breaker-Blasting synthesis (e) sex.

Figure 8(a)~(c)는 음을 들려주는 방식(BU, R, TD)에 따라 대상은원인 브레이커 소음(Breaker5, Breaker3, Breaker5-2, Breaker3-2)과 발파소음(Blasting050, Blasting075)의 결과들을 종합하여 비교해 놓은 것이다. 결과에서 BU 방식은 선형에 가까운 결과를 나타냈다. R과 TD는 지수함수 형태를 나타냈다. 모든 결과에서, 낮은 레벨에서는 브레이커 소음에, 레벨이 높아질수록 발파소음에 성가심(%HA)을 크게 느끼는 것으로 나타났다.

Figure 8(d)는 음을 들려주는 3가지 방식의 결과를 모두 종합하여 브레이커 소음과 발파소음에 대한 성가심 분포를 비교한 것이다. 이 결과에서, 약 59ASEL 지점에서 두 곡선이 교차하는 것을 알 수 있다. 하지만, 이 분기점 이하 레벨에서는 두 음에 대한 성가심의 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. Figure 8(e)는 성별에 따라 구별하여 성가심 평가를 나타낸 것으로, 공사장 소음에 대해 여성이 남성보다 성가심 정도가 더 높게 나타났다. 대상 음원의 레벨 증가에 따라 %HA의 차이도 증가하며, 70ASEL 지점부터 그 차이는 감소하는 것으로 나타났다.<sup>19)</sup>

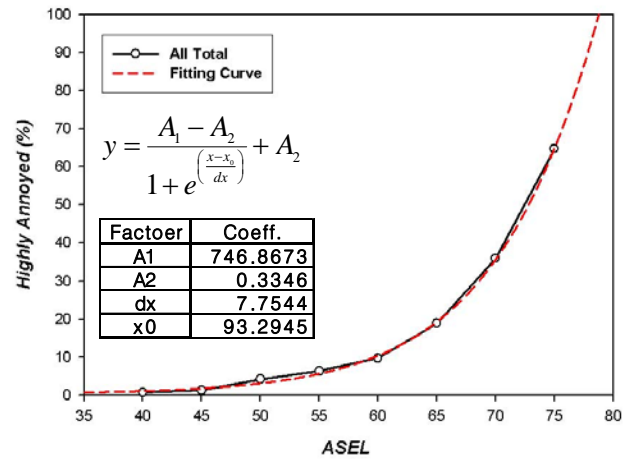


Figure 9. Results of synthesis and fitting curve

Figure 9는 브레이커와 발파소음에 대한 성가심을 모두 종합하여 나타낸 결과이다. 또한 그 결과에 Sigmoidal Curve를 형성하는 Boltzmann 방정식을 이용하여 Fitting 곡선 및 방정식의 계수를 구한 것이다. 결과는 S자 곡선의 형태가 아닌 지수함수의 형태를 띄는데, 이는 S자 곡선의 변곡점 부분이 75ASEL 이상에 존재할 가능성을 나타낸다. 즉, 75ASEL 이상의 레벨에서 지수함수에서 로그함수로 급격하게 변화될 가능성이 있다. %HA는 100%를 초과할 수 없기 때문이다. 이 방정식의 R<sup>2</sup>은 0.9992이고, Adjusted R<sup>2</sup>은 0.9986으로 데이터에 대한 설명력이 높은 방정식이다. 또한, 40~75ASEL까지의 F-statistics 결과는 F=1692.1665이고, 유의수준은 p<0.0001로 1%내로 유의하게 나타났다.

향후 연구에서는 브레이커와 발파소음의 성가심 레벨 차에 대한 연구와 Paired Comparison Method 결과를 기초로 ASEL과 음질인덱스와의 관계를 살펴볼 예정이다.

## 5. 결 론

건설공사 과정에서 발생하는 브레이커와 발파소음에 대한 실외 충격성 소음의 성가심 반응에 대한 결론은 다음과 같다.

1. 동일한 에너지(ASEL)를 가지는 브레이커와 발파 소음에 대해서, 전반적으로 피험자들은 발파소음에 더 높은 성가심 분포를 나타냈다.

1-1. 6개의 대상소음 중 가장 높은 성가심 분포를 나타내는 음원은 Blasting050로, 이 음은 저주파 성분(dB)을 많이 포함하고 있었다.

1-2. 낮은 소음에서는 브레이커 소음이 조금 더 성가심 정도가 높으나 약 59ASEL을 기점으로 발파소음의 성가심이 점차 높아졌다.

2. 성별에 따라 분류한 결과는 여성이 남성보다 높은 성

가심 분포를 나타냈다.

3. 브레이크와 발파소음을 모두 통합시킨 결과를 도출하였다. 회귀분석(Boltzmann Equation, SigmaPlot 9.0) 결과는  $R^2=0.9992$ ,  $Adj R^2=0.9986$ ,  $F$ -statistics =1692.1665.17,  $p<0.0001$ 로, 1%내 유의하게 나타났다.

3-1. 이 결과는 S자 곡선의 형태가 아닌 지수함수의 형태로 나타나, S자 곡선의 변곡점 부분이 75ASEL 이상에 존재할 가능성을 나타냈다.

4. 기준음원으로 사용된 핑크노이즈는 대상음원들보다 더 높은 성가심 분포를 나타냈다.

4-1. 핑크노이즈가 대상음원의 성가심 정도를 판단하는데 영향을 준 것으로 판단되어, 대상음원만으로 구성된 청감실험을 계획 중이다.

## 후 기

본 연구는 과학재단 특정기초과제 “폭발성 충격소음의 생성 및 전파 시뮬레이션과 위해성 분석” (R01-2006-000-10301-0)을 수행하면서 얻어진 결과이며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- 1) 환경부, 2006, “2005년 소음진동관리시책-시·도별 추진 실적 평가”
- 2) Karl D. Kryter, 1994, “The Handbook of Hearing and the Effects of Noise - Physiology, Psychology, and Public Health”, Academic Press.
- 3) John E. K. Foreman, 1990, "Sound Analysis and Noise Control", VAN NOSTRAND REINHOLD, New York, pp. 208~209.
- 4) 정일록, “2002, 소음진동학”, 신광출판사, pp. 90.
- 5) Miedema, H. M. E., Oudshoorn C. G. M., 2001, “Annoyance from Transportation Noise: Relationships with Exposure Metrics DNL and DENL and Their Confidence Intervals”, Environmental Health Perspectives, Vol. 109(4).
- 6) Schomer, P. D., 2000, “Loudness-level weighting for environmental noise assessment”, Acustica, Vol. 86, pp. 49~61.
- 7) Schomer, P. D., 2001, “Evaluation of loudness-level weightings for assessing the annoyance of environmental noise”, J. Acoust. Soc. Am, Vol 110(5), pp. 2390~2397.
- 8) Vos. J. and Geurtsen, F. W. M., 2003, “On the assessment of shooting sounds: Loudness-level weightings versus A- and C-weighted sound exposure levels (L)”, J. Acoust. Soc. Am., Vol.

114(4), pp. 1729~1732.

- 9) Schultz, T. J., 1978, “Synthesis of social surveys on noise annoyance”, J. Acoust. Soc. Am. 64(2), pp. 377~405.
- 10) ISO 9613-1, 1993, “Attenuation of sound during propagation outdoors - Calculation of the absorption of sound by the atmosphere.”
- 11) ISO 9613-2, 1996, “Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - General method of calculation.”
- 12) Steven W. Smith, “The Scientist & Engineer's Guide to Digital Signal Processing(1st Ed.)”, California Technical Pub, 1997.
- 13) Noise Advisory Council, 1978, “A Guide to Measurement and Prediction of The Equivalent Continuous Sound Level”, HMSO, London, p. 4.
- 14) Nelson, P. M., 1987, "Transportation Noise Reference Book", Butterworths, pp. 2/16~2/17.
- 15) AES20-1996, 1996, “AES recommended practice for professional audio - Subjective evaluation of loudspeakers”, Audio Engineering Society Standard, New York.
- 16) Otto, N. and Amman, S. et al., 1999, “Guidelines for Jury Evaluations of Automotive Sounds”, SAE 1999-01-1822, SAE Noise and Vibration Conference, May 1999, Traverse City, MI, USA.
- 17) 김득성, 장서일, 김동준, 이연수, 2007, “헤드폰을 이용한 가청역치레벨의 측정 방법”, 한국소음진동공학회, 추계 학술대회.
- 18) Baranek, L. L., “Balanced noise-criterion(NCB) curves”, J. Acoust. Soc. Am. 86(2), pp. 650~664, 1989.
- 19) 김득성, 장서일, 전형준, 이연수, 2007, “성별에 따른 충격성 소음의 성가심 반응 비교-건설공사장 소음을 중심으로-”, 대한환경공학회, 추계학술대회.