

충격성 소음에 대한 주관적 반응 - 건설공사장 소음을 중심으로 -

The Subjective Response for Impulsive Sound - Focusing on the Construction Noise -

김 득 성* · 전 형 준* · 장 서 일†

Deuk Sung Kim, Hyung Jun Chun and Seo Il Chang

(2008년 3월 14일 접수 ; 2008년 5월 8일 심사완료)

Key Words : Subjective Response(주관적 반응), Impulsive Sound(충격성 소음), A-weighted Sound Exposure Level(A 보정 단발소음노출레벨)

ABSTRACT

This research presents a laboratory study on subjective response 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 dBA at the interval of 5 dBA. The noise unit is based on A-weighted sound exposure level(ASEL; L_{AE}). To make equal ASEL of listening level, finite impulse response (FIR) filter is applied to the originally sampled source to include the effect of propagation attenuation. Sixty-three subjects, forty-two males and twenty-one female, between 18 and 29 years of age, participated in the experiment. The evaluation method of jury test adopted a semantic difference method(SDM). In the test results for impulsive noise, the subjective response of blasting noise was higher than that of breaker noise. The result of %HA that has been combined responses of the three methods except for pink-noise was executed by regression analysis and was shown as the following equation. : %HA=746.53/(1+exp(L_{AE} -93.3))+0.34.

1. 서 론

오늘날 우리는 많은 소음 환경에 노출되어 있다. 도로와 선로가 확장되고, 재개발이 확대되면서 소음 노출 수준은 더 증가하고 있다. 그리고 도심지 곳곳에서 개발을 위한 건설 공사장들을 쉽게 볼 수 있다. 건설 현장에서는 파워가 매우 큰 장비들을 주로 사용한다. 또한 충격성 소음을 유발하는 장비들 또는 재료를 사용한다. 2005년도 환경부 자료(소음진동관리시책-시·도별 추진실적 평가)를 살펴보면, 우

리나라 전체 소음 민원(28940건) 중 68%가 공사장 소음(19666건) 때문에 발생한 민원들이다. 민원의 절반 이상을 차지하는 공사장 소음은 다른 생활소음과는 달리 충격성 소음 성분을 많이 포함한다. 브레이커나 발파작업도 이에 포함되는데, 순간적으로 고에너지를 방출한다. 이런 점에서 충격성 소음은 어노이언스뿐만 아니라 청력손상의 원인이 되기 때문에 중요하다.

충격성(impulsive) 소음은 “소리의 세기가 매우 빠른 속도로 증가하고 지속시간이 짧은 소음”으로 정의⁽¹⁾한다. OSHA 기준에서는 충격성 소음레벨의 최대세기(peak intensity)까지 35 ms 이하의 상승시간과 피크레벨로부터 20 dB 감쇠되는 지속시간이 500 ms 이하의 지속시간을 가지는 소리로서 정의⁽²⁾

† 교신저자; 정회원, 서울시립대학교 환경공학부
E-mail : schang@uos.ac.kr
Tel : (02)2210-2986, Fax : (02)2210-2877
* 정회원, 서울시립대학교 대학원 환경공학과

한다. 국내에서도 충격성 소음은 “최고점에 이르는 상승 시간이 35 ms 이하이고, 지속시간이 0.5 s 이내인 소음”으로 사용⁽³⁾하고 있다.

이러한 충격성 소음의 주관적 반응 평가 단위는 소음원의 특성상 교통소음에 대한 평가⁽⁴⁾(A-보정 L_{eq} , L_{DN} 또는 L_{DEN})와는 다른 단위인 ASEL (a-weighted sound exposure level)을 주로 사용⁽⁵⁾한다. ASEL은 단일 소음이벤트에서 발생된 전체 소음 에너지를 나타내며, 시간에 따라 변하는 단일 소음 이벤트 레벨의 전체 소음 에너지와 같은 에너지

를 가지는 소음레벨이 1초 동안 유지되는 연속소음 레벨로서 정의⁽⁶⁾되며, L_{Aeq} 와 ASEL 관계⁽⁷⁾는 측정시간 동안의 L_{Aeq} 에 $10\log(T)$ 를 더하여 구할 수 있다.

소리에 대한 속성은 라우드니스, 노이즈니스 그리고 어노이언스로 구별⁽⁸⁾된다. 여기서, 어노이언스는 가장 포괄적인 개념으로, 음향학적 인자들뿐만 아니라 비음향학적 인자들의 영향을 받는 개념으로 정의⁽⁸⁾하였다. 하지만 일반인이 세 가지 속성을 정확히 구별하는 것은 매우 어렵다. 일본과 영국에서는 노이즈니스와 어노이언스를 같은 의미로 사용하며, 독일과 영국에

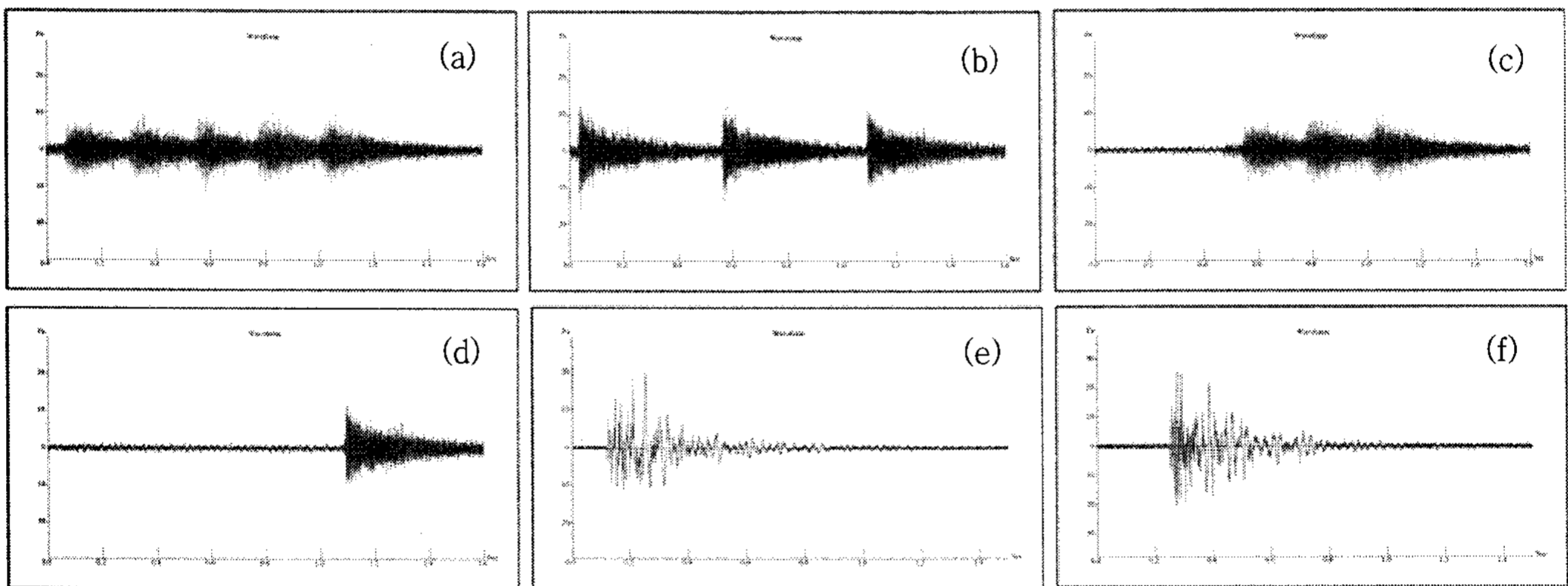


Fig. 1 Measurement results of construction sources : (a) Breaker5, (b) Breaker3, (c) Breaker5-2, (d) Breaker3-2, (e) Blasting050, (f) Blasting075

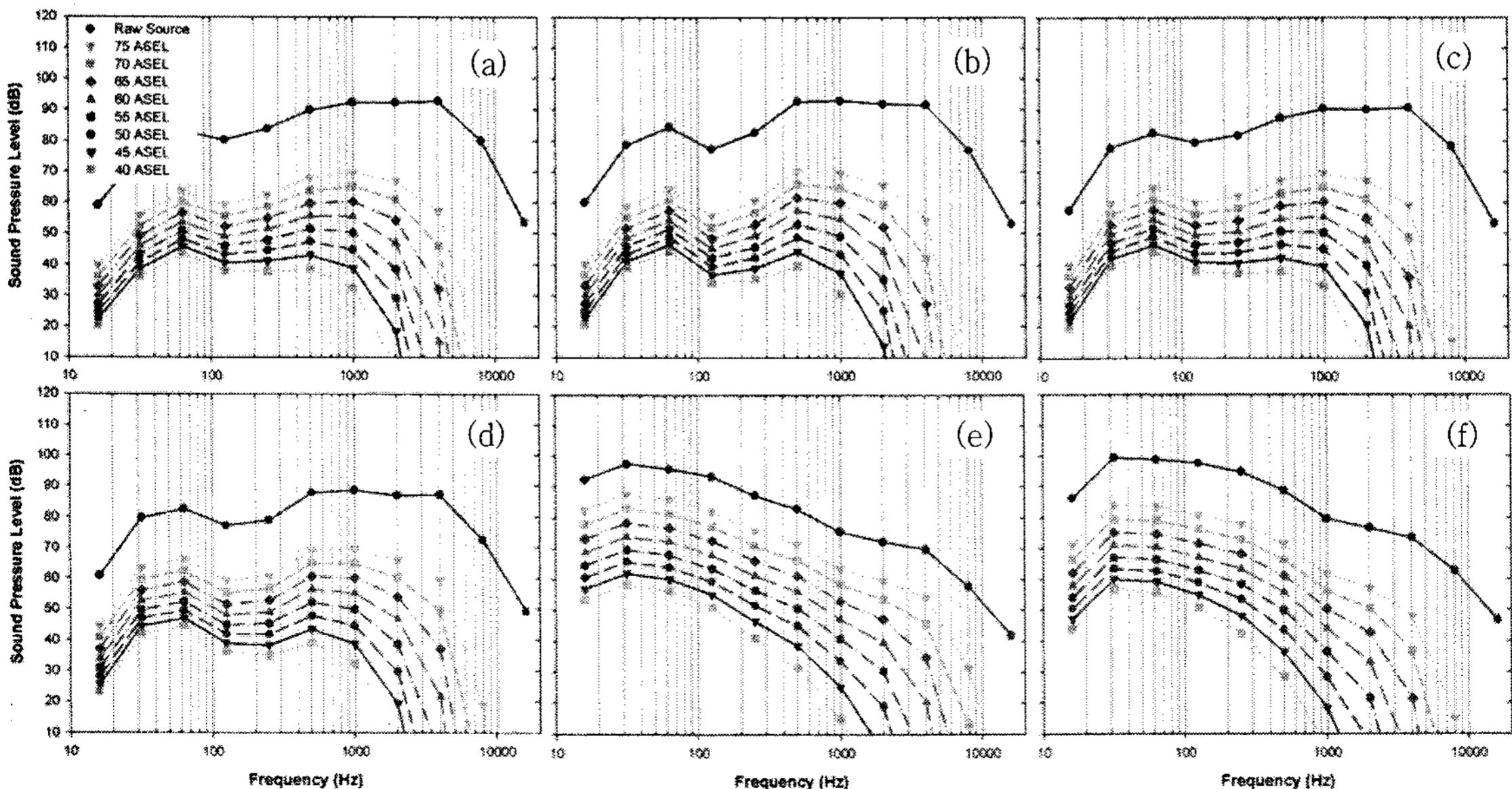


Fig. 2 Sources used to Jury test : (a) Breaker5, (b) Breaker3, (c) Breaker5-2, (d) Breaker3-2, (e) Blasting050, (f) Blasting075

서는 라우드니스와 어노이언스를 유사한 의미로 사용한다는 연구 결과⁽⁸⁾도 발표되었다. 따라서 이 연구에서는 음의 속성을 대신하여 ‘주관적 반응’으로 결과를 표시하였다. 또한 주관적 평가 척도로 %HA (percent highly annoyed)를 사용하였는데, 이는 7점 척도의 경우 상위 29%에 응답한 사람들의 비율로 정의⁽⁹⁾된다.

이 연구에서 충격성 소음에 대한 주관적 평가와 관련된 연구의 일환으로, 건설공사(토공)현장에서 녹음한 충격성(브레이크 및 발파) 소음을 이용하여 음원 레벨에 따른 주관적 반응(%HA) 평가를 실행하였다. 브레이크 소음의 경우 발생횟수와 발생주기에 따른 주관적 평가 결과도 서로 비교해 보았다. 또한 기준 음원으로 핑크노이즈를 사용하였다. 이 음원은 모든 청감실험에 사용될 음원으로 향후 연구에서 기준점 역할을 위해 사용된 음원이다. 이 연구 결과는 실외 소음에 대한 주관적 반응 결과들을 대상으로 하였다.

2. 음원 설정 및 실험 방법

2.1 음원 설정 및 레벨 조절

청감실험에 사용되는 충격성 음원은 브레이크 소음과 발파소음이다. 음원은 이문동 주변의 주상 복합 공사(토공) 현장과 필동 주변 사옥 증축 공사(토공) 현장에서 측정하였다. 측정은 더미(HEADacoustics사, HMS III, Binaural)를 사용하였고, sampling rate=48 kHz, Resolution=24 bit로 설정하여 녹음하였다.

Fig. 1은 대상음원의 시간 이력 특성을 보여준다. 브레이크 소음은 두 종류(Fig. 1(a), (b))로 분류하였고, 발파소음은 장약량(0.5, 0.75 kg)에 따라 두 종류(Fig. 1(e), (f))로 분류하였다. 브레이크 소음의 경우, 발생횟수에 따른 주관적 반응 평가를 위해 음원의 이벤트 횟수를 조절(Fig. 1(c), (d))하였다. 브레이크 음원의 지속시간은 1.6초, 발파 음원은 1.5초이다. 음원 내에는 엔진소리 및 다른 배경소음도 모두 포함되어 있다.

청감실험에 사용되는 음원은 Fig. 1에 제시한 원음을 들려주는 것이 아니라 정해진 청취레벨까지 전달되는 옥외 상태 감쇠인자들의 영향을 ISO 9613으로 계산하고, 계산된 감쇠량을 FIR(finite impulse

response) 필터로 제작 후 원음에 적용시켜 청감실험에 사용되는 음원을 제작하였다. ISO 9613(Part 1⁽¹⁰⁾과 Part2⁽¹¹⁾) 규격은 음이 대기 중으로 전달되는 과정에서 인자들의 영향을 단순화시킨 것이다. ISO 9613의 감쇠계수들 중 구조물 및 기타 효과를 제외한 지향지수, 기하학적 확산, 공기흡음 및 지반 영향에 의한 감쇠인자를 고려하였다. 이렇게 계산된 감쇠계수는 FIR 필터로 제작되었다. FIR 필터는 주파수 변화에 다른 위상 변화가 선형적인 ‘linear phase response’ 특성을 가진 필터로, 청취음원 제작에 적절한 필터⁽¹²⁾이다.

Fig. 2는 FIR 필터를 사용하여 제작된 청취 레벨(40~75ASEL, 5 dB 간격)로, 레벨에 따른 주파수 성분을 나타낸 것이다. 단, 기준음원으로 사용된 pink noise는 FIR 필터 사용 않고 직접 제작하였다. 이 연구에서 실험에 사용된 음원의 개수는 총 56개(7(음원개수)×8(레벨개수))로, 대상음원 6개와 기준음원(pink noise) 1개를 사용하였다. FIR 필터는 MTS I-DEAS Test 프로그램으로 제작하였고, 청취음원은 MTS Sound Quality Version 3.7로 제작하였다.

2.2 실험 장소, 방법 및 피험자들

실험은 청감실에서 실행하였다. 청감실의 제원 및 사양은 AES 기준⁽¹³⁾ 및 SAE 가이드라인⁽¹⁴⁾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 판단되어 청감실에서 실험을 진행하였다.

음은 3가지 방식으로 들려주었다. 첫 번째 방식은 청취레벨이 낮은 음(40ASEL)부터 청취레벨이 높은 음(75ASEL)으로 들려주어(bottom-up(BU) 방식) 음에 대해 주관적으로 평가하도록 하였다. 두 번째 방식은 청취레벨을 고려하지 않고 모든 음을 랜덤(random(R) 방식)으로 들려주고 주관적으로 평가하도록 하였다. 마지막 방식은 청취레벨이 높은 음부터 낮은 음으로 들려주며(top-down(TD) 방식) 주관적으로 평가하도록 하였다. 이는 가청역치 실험결과⁽¹⁵⁾에서 동일한 음원이라도 들려주는 방식에 따라 피험자들의 반응이 서로 다르게 나타났는데 대상음원 결

과에서도 이러한 경향이 나타나는지 확인하기 위해서 실시하였다.

실험방법은 SD(semantic differential)방식을 사용하였고, 음원을 들려준 후 “얼마나 불편하십니까?”라는 질문에 응답하도록 하였다. SD 방식⁽¹⁴⁾은 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

Table 1 Comparison of the characteristic between AES standard⁽¹³⁾ or SAE guideline⁽¹⁴⁾ and listening room(L.R.)

Items	AES	SAE	L.R.
Working area(m ²)	Above 20	-	19.7
Ceiling height(m)	2.1	-	2.445
Volume(m ³)	50~150	-	63.4 ¹⁾
NRC ²⁾	-	-	0.835
Ambient Noise	dB(A)	Below 35	22.6
	dB(C)	Below 50	45.4
	NCB ³⁾	-	Below 20
NR(dB) ⁴⁾	-	-	20
Instrument type	1 or 0	-	1
Temperature	-	22~23°C	22~24°C
Relative humidity	-	45~55 %	45~55 %
Air circulation			HVAC
Playback equipment	Loudspeaker	Headphone	Headphone

Note :

- 1) Volume included volume of control room(15.3 m³)
- 2) NRC = Noise reduction coefficient
- 3) NCB = Balanced noise criterion⁽¹⁶⁾
- 4) NR = Noise reduction.

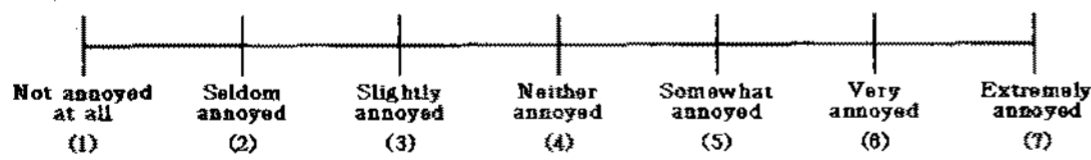


Fig. 3 Semantic differential scale(7 point)



Fig. 4 Process of preparation and operation for jury test

사용된다. 이 연구에서는 7점 척도를 사용하여 음원에 따른 주관적 반응을 평균과 %HA로 평가하였다. Fig. 3은 이 연구에서 사용된 7점 척도 평가 단계를 나타낸 것이다.

피험자들에게는 실험하기 전 기초 설문조사와 청력검사를 시행하였다. 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⁽¹⁵⁾. 또한, 공사장 소음을 들어본 경험에 대한 결과는 18명(28.6%)만이 들어본 적이 있는 것으로 응답했다. 실험에 참여한 피험자들에게 청력검사를 실시하였고, 그 결과는 모두 정상청력을 가진 것으로 판명⁽¹⁵⁾되었다.

이 연구와 관련된 총 실험시간은 약 1시간 정도이며, 전체 실험은 이들에 걸쳐 진행되었다. 실험인원은 한 번에 3 또는 4명씩 그룹을 지어 동시에 실행하였고, 음원은 헤드폰을 통해 재생하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 대상음원결과

청감실험에 대한 결과는 대상음원과 기준음원으로 분류하였다. 실험결과는 음원에 따라 음을 들려주는 방식실험에 대한 주관적 평가의 평균치와 이를 모두 통합하여 단일 곡선 결과 및 브레이크와 발파소음에 대한 평가 결과를 비교하였다. 위의 모든 결과를 %HA로 표현하였고, 최종적으로 %HA에 대한 회귀곡선을 도출하였다.

Fig. 5는 음을 들려주는 방식에 따른 대상음원에 대한 피험자들의 평균 반응치를 나타낸 것이며, Fig. 6은 이를 단일 곡선으로 나타낸 결과들이다. 결과는 모든 음원에서 동일한 경향을 나타내었으며, 음을 들려주는 방식에 따라 어노이언스 반응이 상당한 차이를 나타내는 것을 알 수 있다. 가장 높은 어노이언스 반응을 나타내는 것은 BU(상향식)방식이었고, 다음은 R(랜덤) 방식, 가장 낮은 어노이언스를 나타낸 방식은 TD(하향식)방식이었다. 낮은 레벨에서는 BU 방식이 가장 높은 평균치를 나타냈고, 높은 레벨에서는 TD 방식이 가장 낮은 평균치를 나타냈으

며, R 방식은 낮은 레벨에서는 가장 낮고, 높은 레벨에서는 가장 높은 평균치를 나타냈다.

세 가지 방법을 통합하여 음원별로 결과를 나타낸 Fig. 6을 살펴보면, 레벨에 따라 모두 선형적인 관계를 나타내고 있다. 가장 낮은 레벨에서는 Breaker5 음원이 가장 높은 결과를, 그리고 두 Blasting 음원들이 가장 낮은 평균치를 나타내었다. 가장 높은 레벨에서는 Blasting050 음원이 가장 높은 평가 결과를, 그리고 Breaker3-2 음원이 가장 낮은 평균치를

나타내었다.

Fig. 7은 주관적 반응 결과에서 6점(매우)과 7점(극도로) 척도를 선택한 피험자들의 결과들만 추려내 음을 들려주는 방식에 따라 음원별로 %HA를 나타낸 결과들이며, Fig. 8은 이를 통합하여 단일 곡선으로 나타낸 곡선들이다. %HA의 결과에서, 음을 들려주는 방식에 따른 결과는 음원에 따라 평균 반응치 결과와 유사하지만, 평균 반응치의 선형적인 관계보다는 지수함수적인 관계를 보인다.

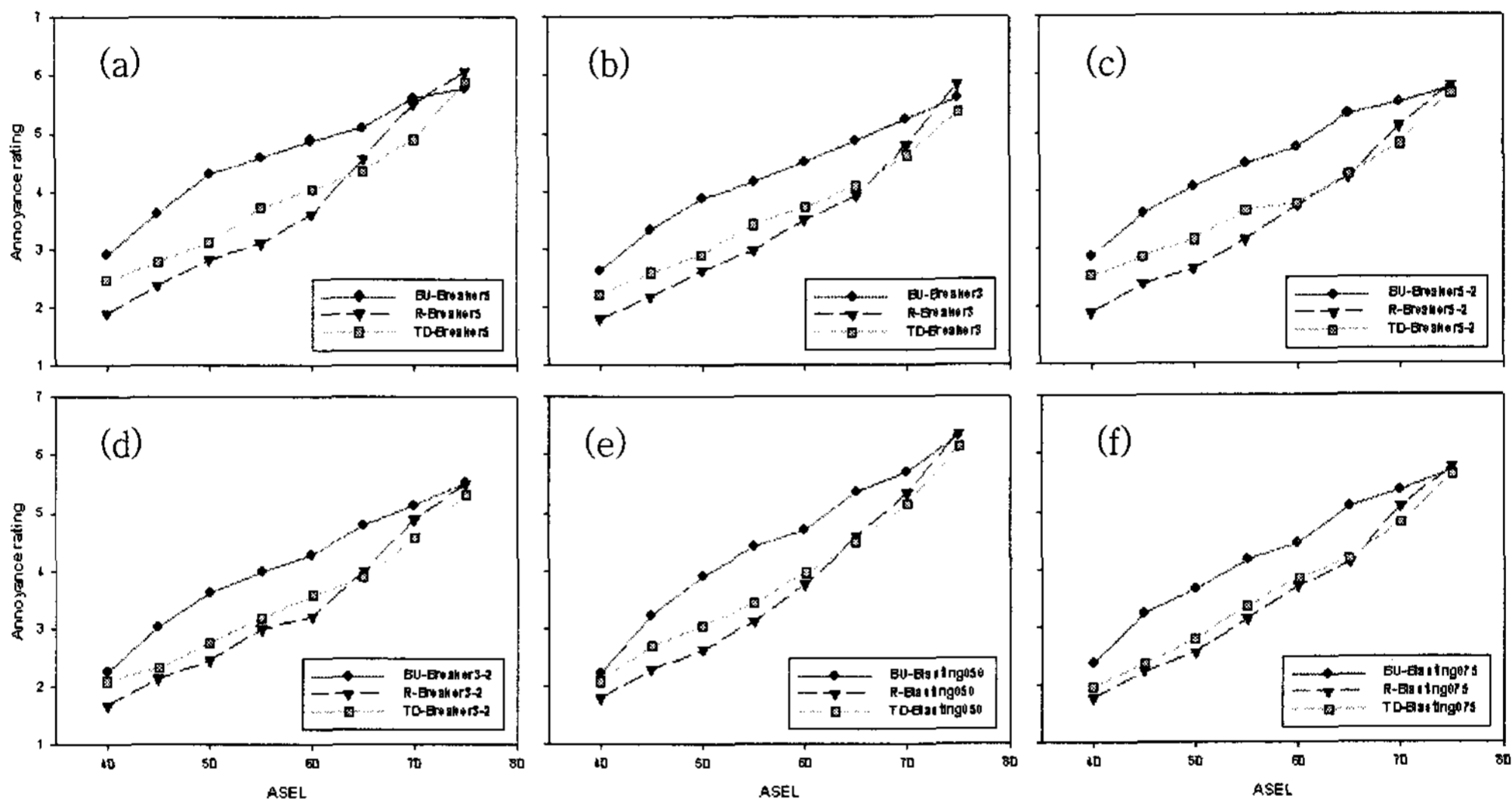


Fig. 5 Average rating results according to the sources : (a) Breaker5, (b) Breaker3, (c) Breaker5-2, (d) Breaker3-2, (e) Blasting050, (f) Blasting075

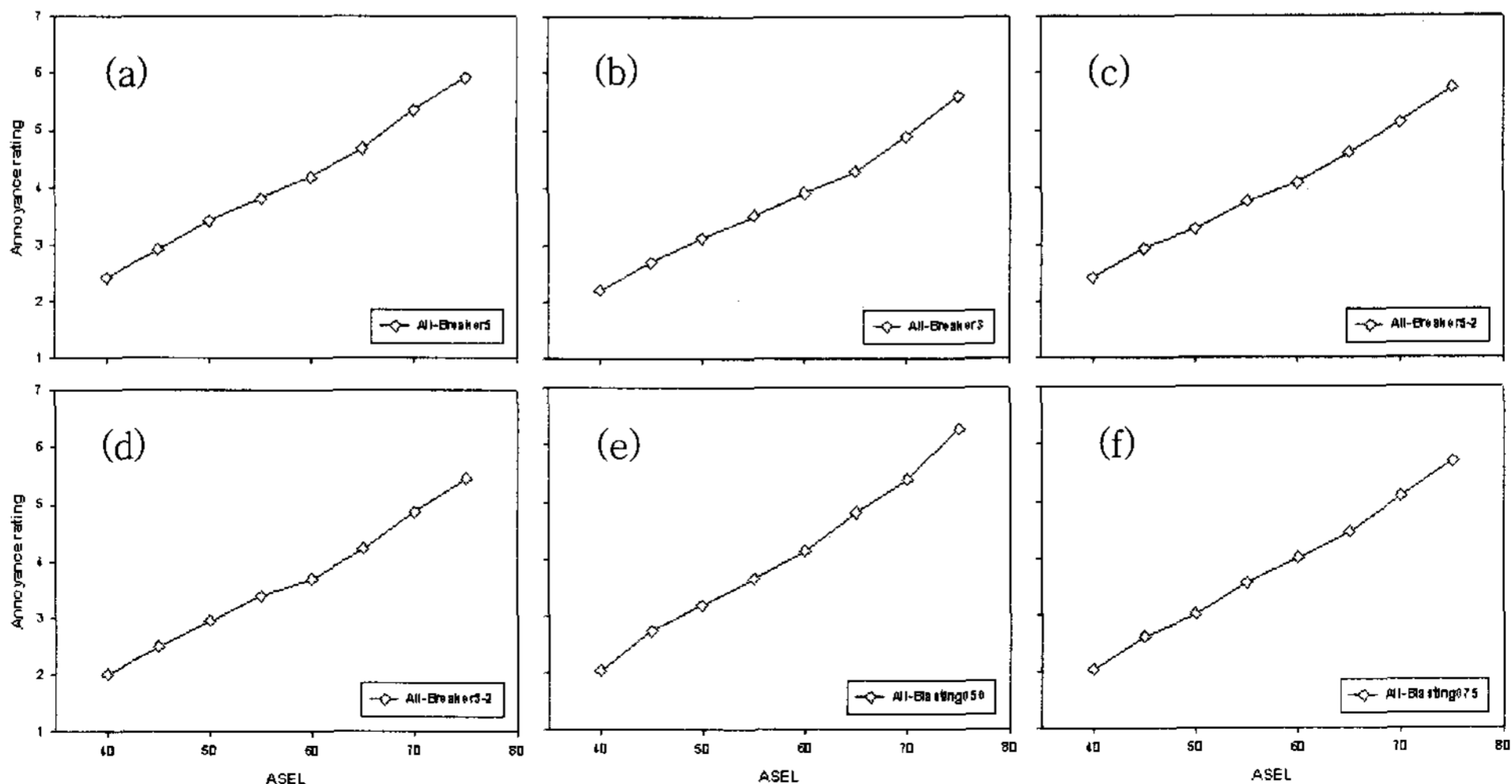


Fig. 6 Single average curve according to the sources : (a) Breaker5, (b) Breaker3, (c) Breaker5-2, (d) Breaker3-2, (e) Blasting050, (f) Blasting075

이 경향은 단일 곡선 결과를 살펴보면 명확히 알 수 있다.

%HA가 가장 높은 음원은 Blasting050이었고, Breaker5와 Breaker5-3이 다음으로 높았다. 그리고 Blasting075, Breaker3, Breaker3-2의 순으로 나타났다. 여기서 주목해야 할 점은 Breaker5와 Breaker5-2의 경우, 가장 높은 레벨에서는 Breaker

5-2가 조금 더 높았다는 점이다. 하지만, 전체 레벨을 고려해 보면, Breaker5가 조금 더 어노이언스한 음원인 것으로 나타났다.

발생횟수에 따른 결과를 살펴보면, 발생횟수가 많아질수록 어노이언스 정도가 증가하고, 발생횟수가 동일할 경우(Breaker5-2와 Breaker3), 단시간 내로 음원이 발생할수록 어노이언스가 증가하였다. 또한,

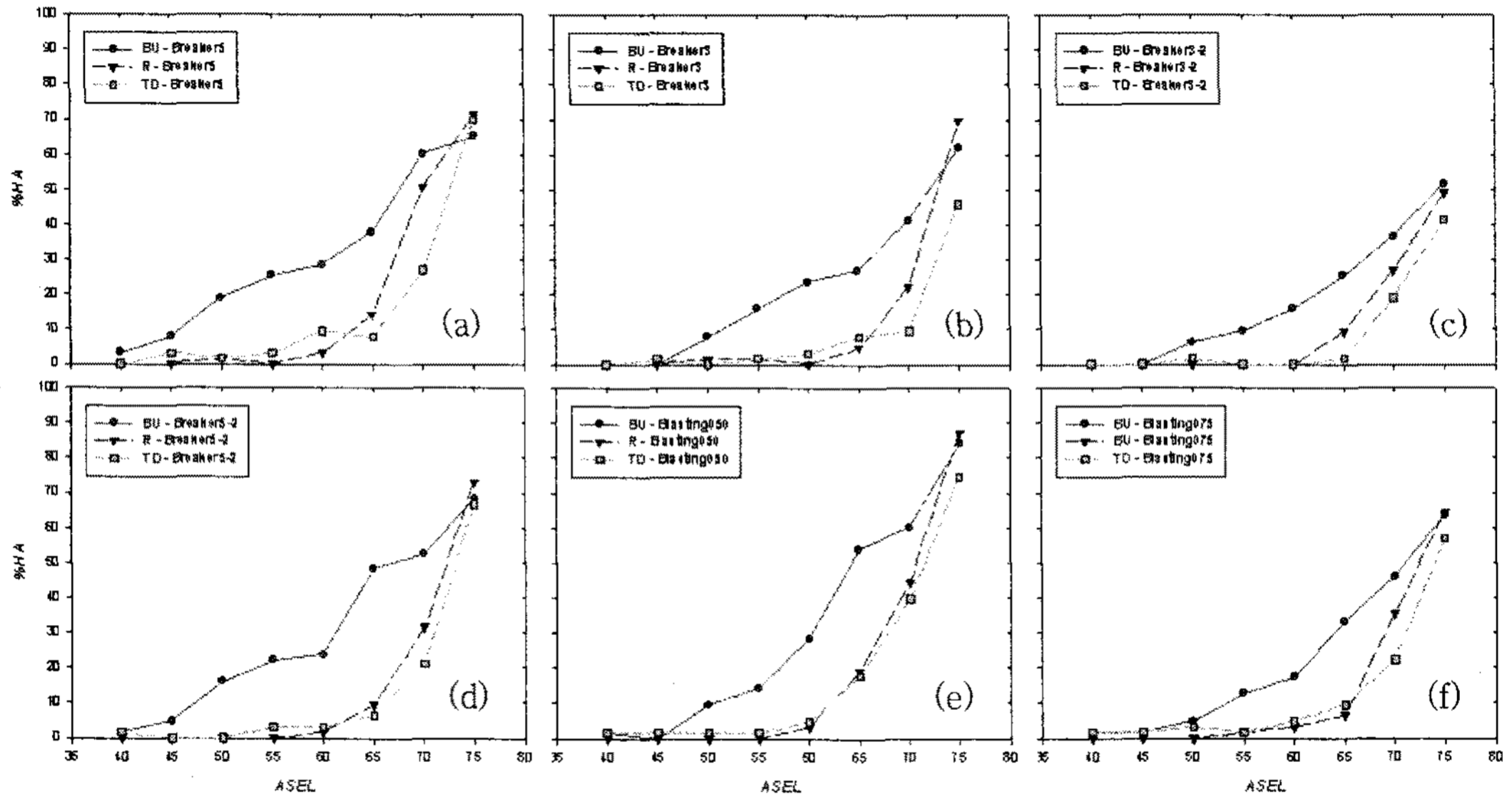


Fig. 7 %HA results according to the sources : (a) Breaker5, (b) Breaker3, (c) Breaker5-2, (d) Breaker3-2, (e) Blasting050, (f) Blasting075

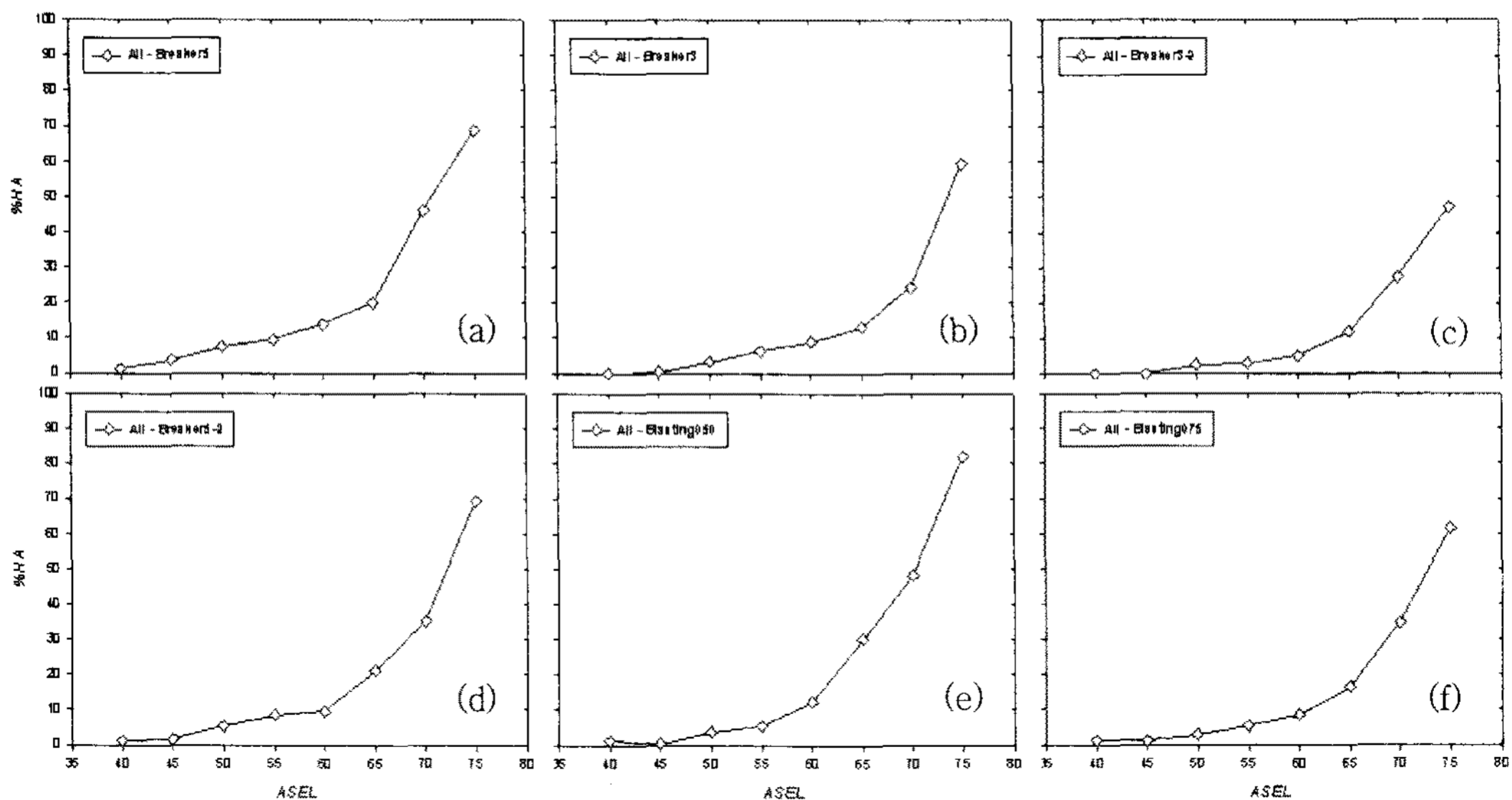


Fig. 8 %HA of single curve according to the sources : (a) Breaker5, (b) Breaker3, (c) Breaker5-2, (d) Breaker3-2, (e) Blasting050, (f) Blasting075

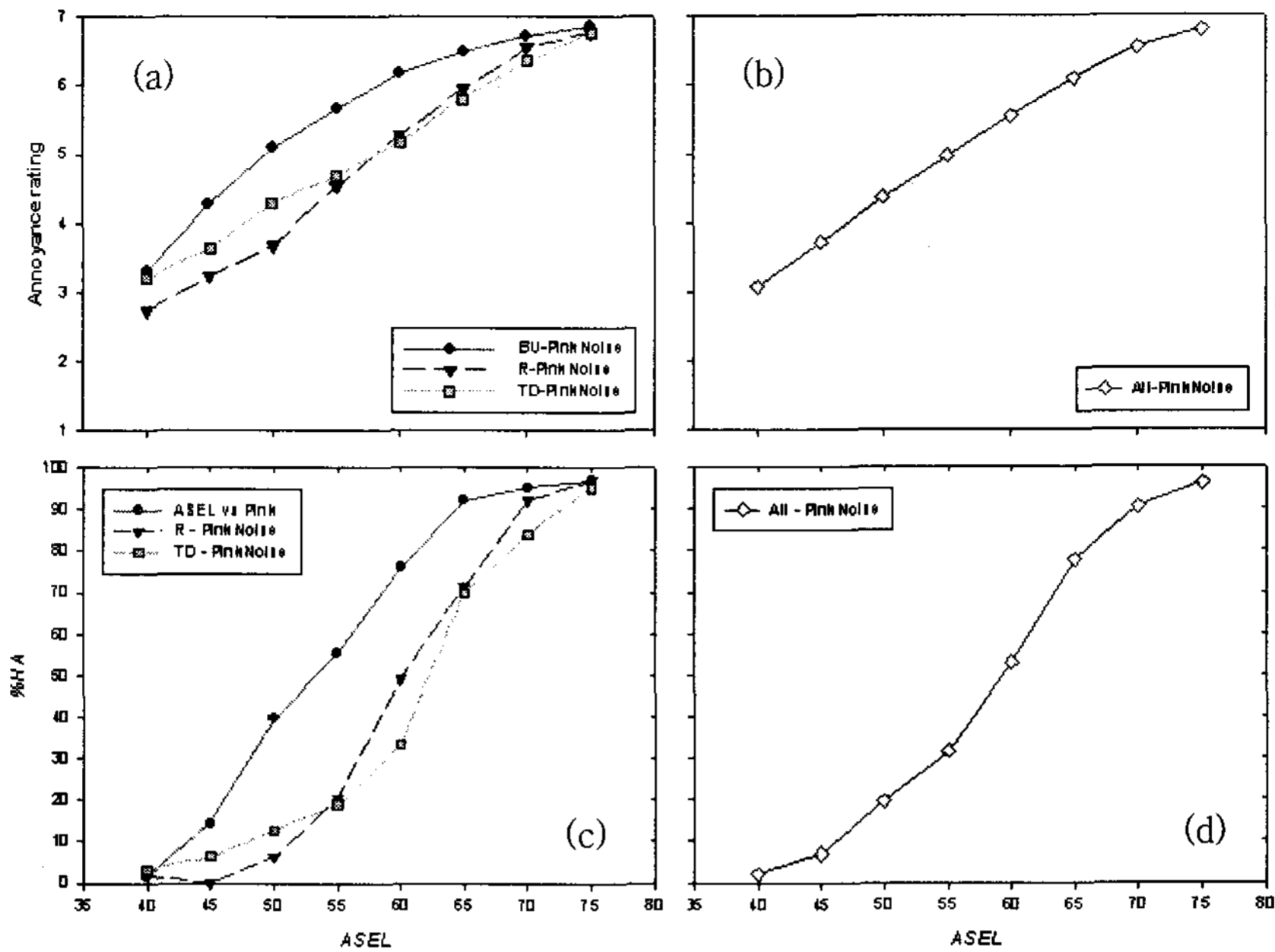


Fig. 9 Average rating((a) test method, (b) single) and %HA((c) three listening type, (d) single) results for the reference source

레벨이 낮을수록 고주파 성분이 많은 브레이크 소음이 어노이언스한 반면, 레벨이 증가할수록 저주파 성분이 많은 발파소음이 더 어노이언스한 것으로 나타났다.

발파소음의 경우, Blasting075 음원의 파워가 더 높지만, 동일한 레벨을 만들기 위한 감쇠량 산정에서 31.5Hz를 제외한 전체 주파수 성분이 Blasting050 보다 낮고, 주된 성분인 31.5Hz는 사람이 예민하게 듣는 주파수 영역이 아니기 때문에 낮은 결과를 산출한 것으로 보이며, 특히 고주파 성분이 많이 감쇠되어 일부 브레이크 소음보다도 낮게 나타난 것으로 판단된다.

3.2 기준음원 (Pink Noise) 결과

기준음원으로 사용된 핑크노이즈에 대한 청감실험 결과는 모든 레벨에서 6개의 대상음원들에 대한 주관적 반응보다 더 높은 어노이언스 반응 결과를 나타냈다.

Fig. 9는 기준음원의 결과를 나타낸 것으로, 반응 평균치와 %HA 결과를 나타낸 것이다. 그 결과의 추이는 위에 제시한 결과와 동일하게 나타났다. 반응 평균치는 선형성을 띄긴 하지만 그 결과값이 대상음원과는 큰 차이를 나타냈다. 또한, %HA의 경

우, 대상음원에 대하여 지수함수 곡선으로 나타났으나 기준음원의 경우에는 S자형(sigmoid) 곡선으로 나타났다.

기준음원에 대한 실험결과는 대상음원보다 더 높은 주관적 반응을 나타내어 대상음원 평가에 영향을 준 것으로 판단된다.

향후 연구 과정 중 기준음원을 제외한 대상음원(공사장 소음)들만으로 구성된 청감실험을 실시하여, 대상음원보다 더 어노이언스한 음원의 존재에 따른 차이 정도를 비교할 예정이다.

3.3 종합실험결과

종합실험결과는 기준음원을 제외하고 대상음원(6개)만을 고려한 결과이다. 이 실험에서의 대상음원은 브레이크와 발파소음으로 구성되어 있다. Fig. 10은 음원을 브레이크와 발파소음으로 구별하여 주관적 평가의 평균치 결과를 비교하였고, Fig. 11은 이를 %HA로 비교해 놓은 결과이다. 평균치의 결과는 모두 브레이크 곡선과 발파 소음에 대한 곡선 결과가 서로 교차하는 것으로 나타났다. 교차점(intersection point)은 BU 방식에서 65ASEL, R 방식에서 55ASEL, 그리고 TD 방식에서는 60ASEL에서 발생한다. 이 교차점을 전·후로 해서, 더 주관적인

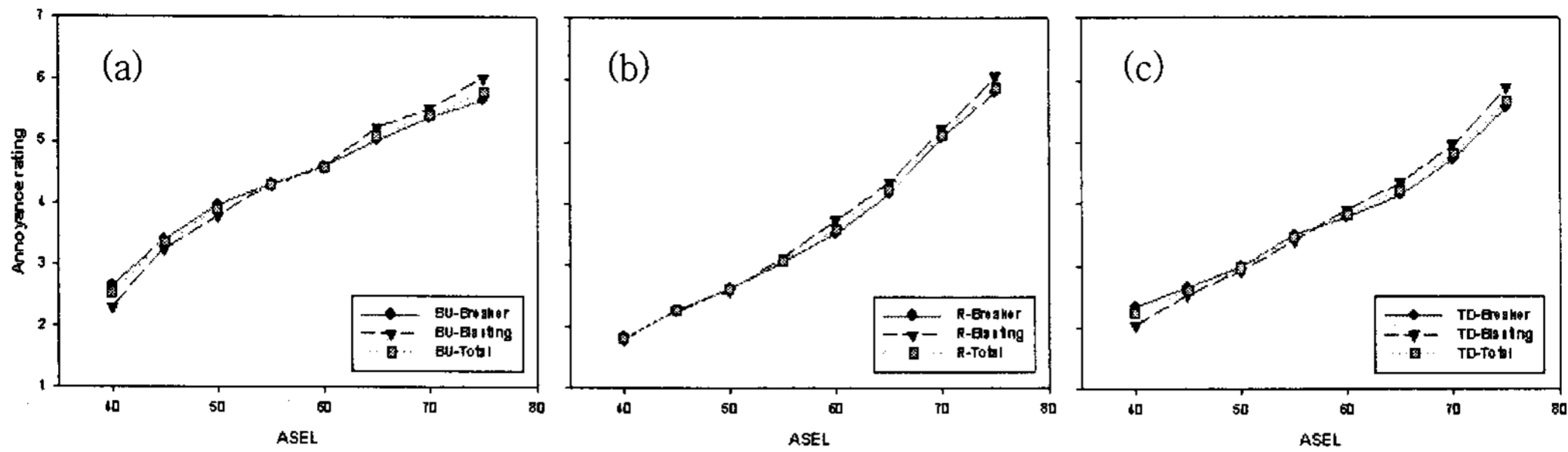


Fig. 10 Average rating of the breaker and blasting according to a test method : (a) BU, (b) R, (c) TD

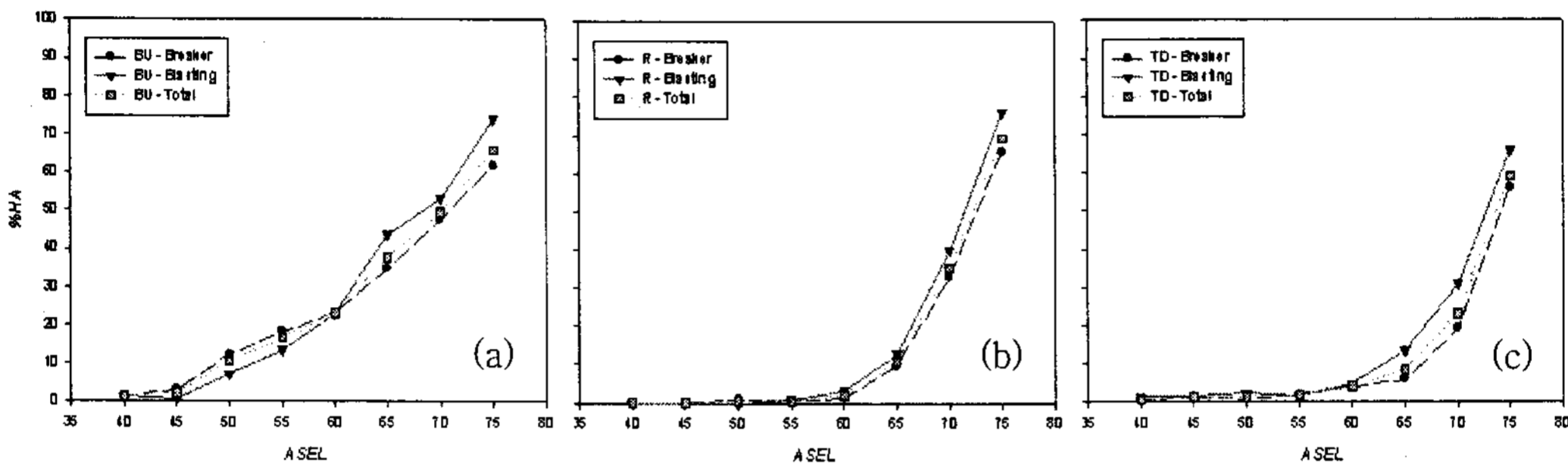


Fig. 11 %HA results of the breaker and blasting according to a test method : (a) BU, (b) R, (c) TD

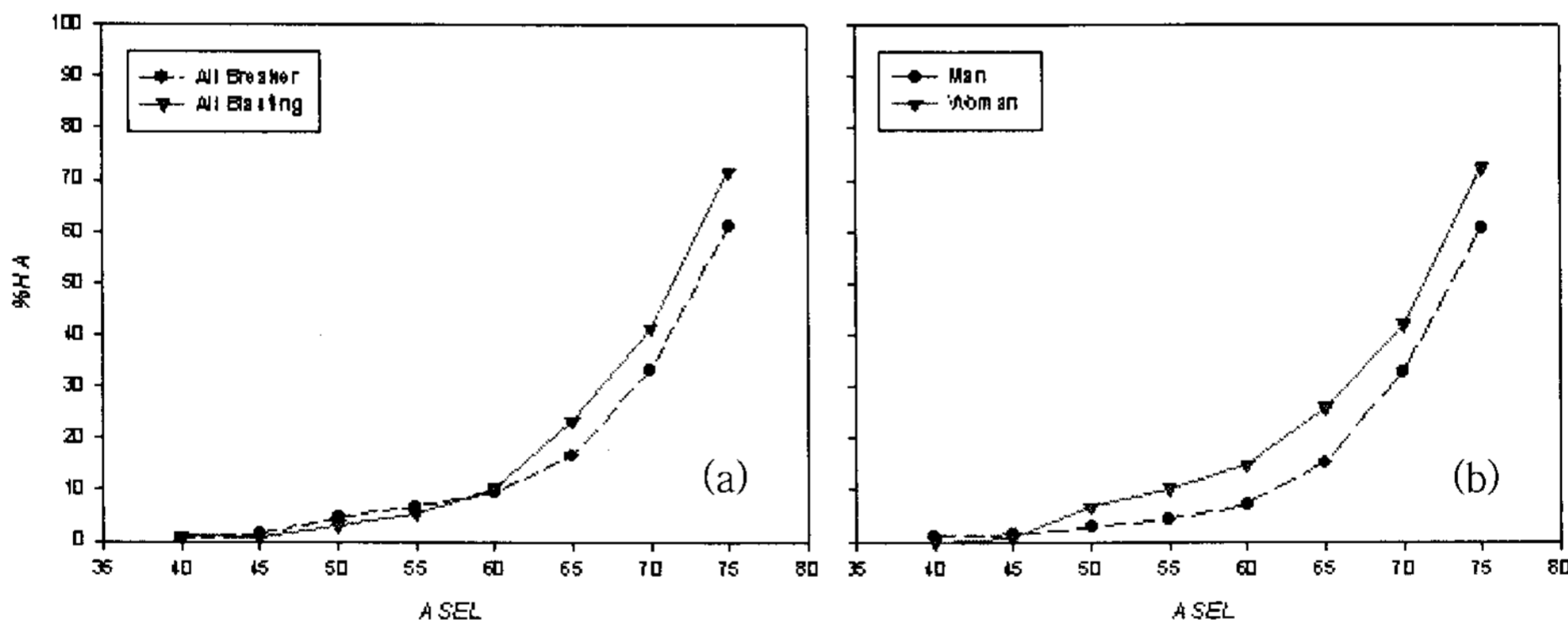


Fig. 12 Synthesis result of %HA according to (a) the breaker and blasting and (b) gender

반응이 높은 음원은 브레이커 소음에서 발파소음으로 전환된다. 곡선의 경향은 평균치의 경우, 선형적인 그리고 %HA 결과의 경우, 지수함수적인 특성을 지니며, 이는 이전 결과들과 동일하다. 전체적인 주관적 평가 결과는 BU>R>TD 순으로 높게 나타났다.

여기서, BU 방식의 경우, 최저 레벨(40ASEL)에서 대상음원(6개)에 대한 반응 평균치는 약 2.55이고, 최고 레벨(75ASEL)에서의 반응 평균치는 약

5.79이며, 최저 레벨에서 최고 레벨까지의 평가 범위가 약 3.24로 3가지 방법들 중 가장 좁았다. 또한, R 방식의 경우는 최저 레벨의 평균치는 1.81, 최고 레벨의 평균치는 5.89로 주관적 평가 범위(4.08)가 가장 넓었다. TD 방식의 경우에는, 최저 레벨의 평균치가 2.23, 최고 레벨의 평균치는 5.67로 주관적 평가 범위(3.44)는 BU 방식보다 넓었으나 R 방식보다는 좁았다. 이 결과자료에서, BU 방식의 경

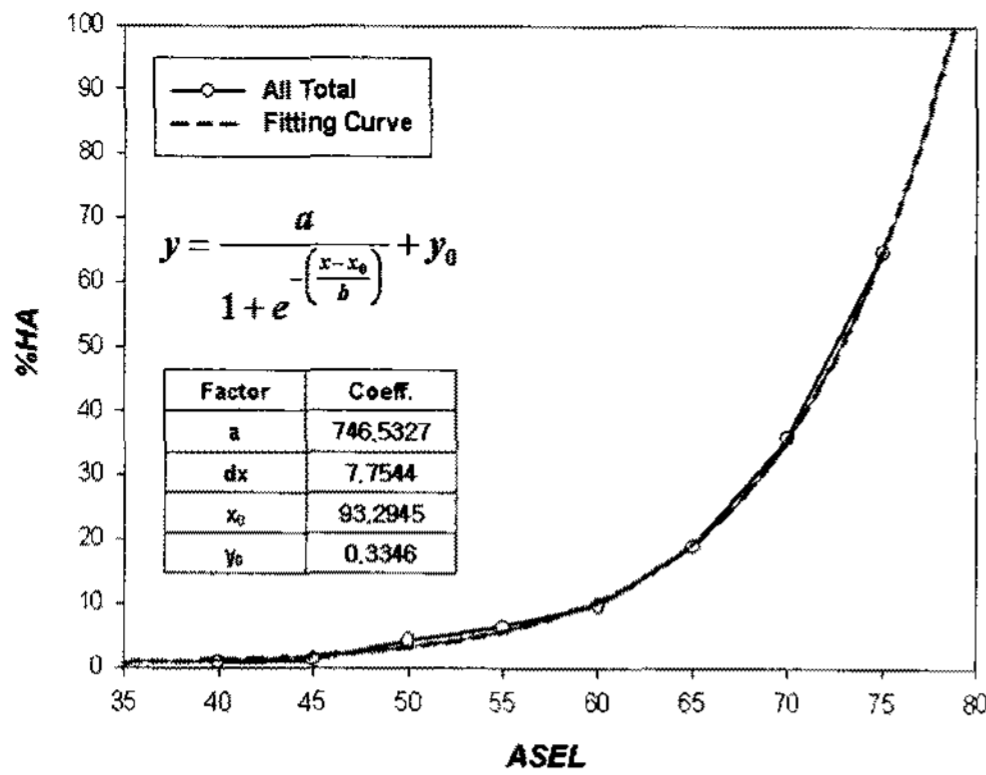


Fig. 13 Result of synthesis %HA curve

우, 최저 레벨에서 주관적 평가가 다른 방식들보다 높게 평가되었다는 사실을 알 수 있다. 또한, TD 방식에서는 최고 레벨에서, 다른 방식들보다 낮게 평가되었다는 점도 알 수 있다.

Fig. 12는 음을 들려주는 방식에 따른 3가지 결과들을 모두 종합하여 브레이커와 발파소음으로 분류한 %HA결과와 종합결과를 성별로 구별한 %HA 결과를 제시한 것이다. 두 결과 또한 두 곡선들이 교차하는 것을 알 수 있다. 음원에 대한 종합결과에서는 약 60ASEL을 기준으로, 더 어노이언스한 음원이 브레이커 소음에서 발파소음으로 전환되는 것을 알 수 있었고, 레벨이 증가할수록 브레이커 소음보다는 발파소음이 %HA를 주도하는 음원인 것을 알 수 있었다. 성별에 대한 결과는 50ASEL을 기준으로, 이전 레벨에서는 남성이, 이후 레벨에서는 여성이 더 높은 주관적 반응을 나타내었다. 성별에 따른 주관적 반응의 차이는 기존 연구⁽¹⁷⁾에서 제시하였다.

Fig. 13은 위에서 제시한 모든 결과를 종합하여 %HA를 단일 곡선으로 나타낸 것이다. 점선은 회귀분석을 실행한 결과로 나타낸 추세선이다. 회귀분석은 S자형 곡선을 형성하는 Boltzmann 방정식을 이용하여 분석하였다. S자형 곡선을 선택한 이유는 %HA는 100%를 초과할 수 없기 때문이다. 하지만, 결과는 S자 곡선의 형태가 아닌 지수함수의 형태를 나타내는데, 이는 S자 곡선의 변곡점 부분이 75ASEL 이상에 존재할 가능성을 나타낸다. 즉, 75ASEL 이상의 레벨에서 지수함수에서 로그함수로 급격하게 변화될 가능성을 예측할 수 있다. Fig. 13에 제시된 회귀방정식의 R²은 0.9992이고, Adjusted R²은 0.9986으로 데이터에 대한 설명력이 높은 방정식이

다. 또한, F-statistics 결과는 F=1692.1665이고, 유의수준은 p<0.0001로 1%내로 유의한 결과를 나타내었다.

4. 결론

건설공사 과정에서 발생하는 실외 충격성(브레이커와 발파) 소음에 대한 주관적 반응에 대한 결론은 다음과 같다.

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

가. 6개의 대상소음 중 가장 높은 어노이언스 분포를 나타내는 음원은 Blasting050으로, 이 음은 250 Hz 이하의 저주파 성분을 가장 많이 포함하고 있었다.

나. 낮은 레벨에서는 브레이커 소음의 주관적 반응 수치가 높으나 약 60ASEL 기점으로 발파소음의 반응 수치가 점차 높아졌다.

(2) 성별에 따라 분류한 결과는 여성이 남성보다 더 높은 주관적 반응 수치를 나타냈다.

(3) 브레이커와 발파소음을 모두 통합시킨 결과를 도출하였다. 회귀분석(Boltzmann Equation, SigmaPlot 9.0) 결과는 R²=0.9992, Adj R²=0.9986, F-test=1692.1665, p<0.0001로 통계적으로 유의하게 나타났다.

(4) 기준음원으로 사용된 핑크노이즈는 대상음원들보다 더 높은 어노이언스 분포를 나타냈다.

가. 핑크노이즈가 대상음원의 어노이언스 정도를 판단하는데 영향을 준 것으로 판단되어, 대상음원만으로 구성된 청감실험을 다시 실행할 예정이다.

후 기

이 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) Karl, D. K., 1994, “The Handbook of Hearing

and the Effects of Noise - Physiology, Psychology, and Public Health", Academic Press, p. 14.

(2) John, E. K. F., 1990, "Sound Analysis and Noise Control", Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 208~209.

(3) Jung, I. R., 2002, "Noise·Vibration", ShinKwangPub, p. 90.

(4) Miedema, H. M. E. and 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, No. 4, p. 414.

(5) 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, No. 4, pp. 1729~1732.

(6) Noise Advisory Council, 1978, "A Guide to Measurement and Prediction of The Equivalent Continuous Sound Level", HMSO, London, p. 4.

(7) Nelson, P. M., 1987, "Transportation Noise Reference Book", Butterworths, pp. 2/16~2/17.

(8) Izumi, K., 1986, "On the Measurement of Annoyance in the Laboratory - 5 Case Studies to Validate the Simulated Environment Method-" Technical Report of Noise, the Acoustical Society of Japan, N86-10-2, pp. 1~12.

(9) Schultz, T. J., 1978, "Synthesis of Social Surveys on Noise Annoyance", J. Acoust. Soc. Am. Vol. 64, No. 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) Smith, S. W., 1997, "The Scientist & Engineer's Guide to Digital Signal Processing(1st Ed.)", California Technical Pub.

(13) AES20-1996, 1996, "AES Recommended Practice for Professional Audio - Subjective Evaluation of Loudspeakers", Audio Engineering Society Standard, New York.

(14) 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.

(15) Kim, D. S., Chang, S. I., Kim, D. J. and Lee, Y. S., 2007, "Comparison of a Hearing Threshold Level Using a Headphone", Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, KSNVE 07A-28-25.

(16) Beranek, L. L., 1989, "Balanced Noise-criterion(NCB) Curves", J. Acoust. Soc. Am. Vol. 86, No. 2, pp. 650~664.

(17) Kim, D. S., Chang, S. I., Chun, H. J. and Lee, Y.-S., 2007, "Comparison of Subjective Response on Impulsive Noise by Sex-focusing on the Leisure Shooting Sound-", KESS.