

철도 승강장 소음의 청감실반응평가모형에 대한 적합도 검정 Classification Accuracy Test of Hearing Laboratory Test Models for Railway Noise at Station Platform

김 필 립*·안 소 연*·전 혜 성*·이 재 관*·박 성 현*·장 서 일*·
박 일 건**·정 찬 구**·권 세 곤***

Phillip Kim, Soyeon Ahn, Hyesung Jeon, Jae Kwan Lee, Sunghyun Park, Seo Il Chang,
Il Gun Park, Chan Gu Jung and Se Gon Kwon

(Received March 9, 2015 ; Revised April 8, 2015 ; Accepted April 8, 2015)

Key Words : Hearing Test(청감반응평가실험), %HA_{LAB} Curve(실험실 평가에 의한 %HA 곡선), Hosmer-Lemeshow Test(Hosmer-Lemeshow 검정), Classification Accuracy Test(적합도 검정)

ABSTRACT

A statistical annoyance model to railway noise at platform was proposed by jury evaluation test performed in hearing laboratory. ITX-Saemaoul and Mugunghwa were chosen as the noise sources of the test, and announcement sound was included to simulate real situation. Logistic regression analysis produced %HA_{LAB} curve. Hosmer-Lemeshow test and classification accuracy test were used to verify the model's statistical significance. It was shown that the model which was generated from relatively small number of samples is statistically significant.

1. 서 론

역무실 등의 철도역사 내 공간은 승무원이나 상업시설 종사자와 같은 근무자 및 이용객이 상주하는 공간이다. 특히 승무원이나 상업시설 종사자의 경우에는 짧게는 1~2시간에서 길게는 8시간 이상 근무하고 있으며, 일부 역사는 야간근무자를 위한 침실까지 운영되고 있다. 침실의 용도는 소음진동관리법의 주거지역의 용도와 유사하다고 생각되므로 소음·진동 기준의 마련이 필요하다⁽¹⁾. 소음진동관리법이

소음·진동의 관리라는 목적을 달성하기 위해서 용도에 따라 소음·진동 기준을 정립한 것처럼 역사 내 공간을 일정한 기준으로 분류하여 소음·진동 기준을 설정해야 할 것이다^(1,2).

철도 역사 설계 기준에 따르면 철도의 범위는 고속철도, 광역철도, 일반철도, 도시철도의 네 종류로 분류하고 있으며, 철도 건축물의 종류는 역사의 형식에 따라 지상, 지하, 선상 및 선하역으로 나누고 있다. 역사 내 공간 구분은 용도에 따라 여객공간(콘코스 및 대합실, 승강장 등), 역무공간(역장실, 역무실 등), 승무원숙사 및 승무원주박소(침실, 휴게실

† Corresponding Author ; Member, Department of Environmental Engineering, University of Seoul / Visiting scholar, Center for Geographic Information Systems, Georgia Institute of Technology
E-mail : schang@uos.ac.kr
Tel : +82-2-6490-2865, Fax : +82-2-6490-5440

* Member, Department of Energy and Environmental System Engineering, University of Seoul

** Pyunghwa Engineering Technique Research Institute

*** Technology research department, KORAIL Research Institute

A part of this paper was presented at the KSNVE 2014 Annual Spring Conference

‡ Recommended by Editor Myung Jun Kim

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

등) 등으로 구분하고 있다⁽³⁾.

철도 역사 음환경 설계 기준을 살펴보면, 대합실과 콘코스의 실내 잔향시간을 500 Hz 기준으로 재실인원에 따라 제시하고 있으며, 소음진동관리법의 철도교통 소음 한도를 포함하고 있다^(1,3). 역사 설계 소음 권장기준은 고속철도에 한정하여 역사 형식 및 역사 내 공간 구분에 따라 규정하고 있다.

이 연구는 일반철도 및 도시철도의 역사 내 법적 소음기준을 마련하기 위한 기초연구로 시행되었다. 진형준이⁽⁴⁾ 청감반응평가실험을 이용하여 고속철도와 일반철도소음의 성가심 반응의 차이를 비교한 것처럼 소음의 차이에 따른 성가심을 비교하고, 사람의 주관적인 평가결과를 역사 내 소음기준 정립에 활용하기 위해 철도역사 승강장 소음에 대한 청감반응평가실험 결과를 이용한 모형 작성에 대해 연구하였다.

2. 연구 방법

청감반응평가실험은 음향학적 요소를 제외한 환경 요소들을 통제하고, 소음에 의한 주관적인 반응을 확인하는 방법이다. 이 연구에서는 철도역사 승강장 소음에 대한 주관적 반응을 청감반응평가실험을 통해 평가하기 위한 방법에 대해 연구하였다.

도시철도와 일반철도가 함께 통과하는 선하역사 중 소음도가 크게 나타는 A역을 대상역사로 선정하였다. A역은 지상 1층, 지하 3층으로 운영되고 있다. 지하 3층 승강장은 도시철도 2면 2선의 상대식으로 구성되어 있고, 스크린도어가 설치되어 있다. 지상 1층 승강장은 3면 5선이며, 도시철도, 일반철도 및 화물철도가 운행한다. 지하 1층과 2층에는 역 무공간과 상업시설이 위치하고 있으며, 지상 승강장에도 상업시설이 위치하고 있다.

2.1 청감반응평가실험 방법

청감반응평가실험을 진행하기 위해 현장의 소음을 녹음하면서 동시에 소음의 현황을 파악하기 위한 측정을 진행하였다. 대상 소음의 녹음에는 Head Acoustics사의 HMSⅢ(dummy head)를 사용하였으며, Larson Davis사의 831을 사용하여 대상소음의 크기를 파악하였다. 현장의 음원을 최대한 재현하기 위해서 배경소음이 대상소음에 비해 10 dB(A)이상 낮게 나타나는 승강장을 대상구역으로 선정하였으

며, 우선적으로 일반철도의 소음을 녹음하였다. 현장 녹음 사진은 Fig. 1과 같다.

청감반응평가실험의 설문은 개인 신상 및 생활환경 관련 사항과 소음 관련 사항으로 구성되어 있다. 개인 신상 및 생활환경 사항에서는 피실험자의 성별, 나이, 철도 이용 빈도 및 시간, 직업 등이 있으며, 청력 테스트 문항 또한 포함되어 있다. 소음 관련 사항에서는 해당 소음에 대해 어휘에 따라 정도를 표시하도록 하였다.

외국의 선행연구에서 사용한 어휘를 번역해서 사용하면, 번역 과정에서 문화, 언어의 차이로 다르게 받아들여질 수 있기 때문에, 정광용의⁽⁵⁾ 연구를 참고하여 ‘날카롭다(sharpness)’, ‘시끄럽다(nosiness)’, ‘강하다(loudness)’, ‘못마땅하다(annoyance)’, ‘불규칙하다(confusing)’의 다섯 가지 어휘를 사용하였다. 주관적 평가를 위한 척도로는 ISO/TS 15666을 참조하여 11점 척도를 사용하였다⁽⁶⁾.

청감반응평가실험 피실험자는 19세에서 27세의 대학생 및 대학원생으로 남자 19명과 여자 13명으로 구성되었다.

(1) 청감반응평가실험실 구성

청감반응평가실험은 서울시립대학교 내에 위치한 실험실에서 실시하였다. 청감반응평가실험실 환경은 미국 오디오 엔지니어링 협회(Audio Engineering Society, AES)의 기준과 미국 자동차 기술협회(Society of Automotive Engineers, SAE)의 가이드 라인을 만족하는 것으로 나타났다^(7,8).

1회 실험 진행 시 피실험자는 동시에 4명으로 제한하였으며, AES와 SAE에서는 loudspeaker와 headphone의 사용을 권장하고 있다. 이 연구에서는 피실험자에게 동일한 음원을 들려주기 위해서 output calibration 이 완료된 headphone을 이용하였다.



Fig. 1 Noise recording at station platform

(2) 청감반응평가실험 대상음 추출

Dummy head를 이용해 녹음한 음원은 철도 소음과 함께 승강장에서 발생하는 모든 소음을 포함하고 있기 때문에 실험에서 사용하는 대상음을 추출하는 과정이 필요하다. 추출방법은 안내방송 등의 다른 소음을 제외하고 열차소음만 추출한 sample 1, 방송음을 포함하여 소음도가 가장 높은 순간 전후 5초, 총 10초간의 소음을 추출한 sample 2 두 가지로 하였으며 MTS사의 sound quality를 이용하였다. 일반철도를 대상으로 하였기 때문에 ITX-새마을(ITX-Saemaeul)과 무궁화(Mugunghwa) 두 종류의 열차의 4개의 대상음이 추출되었다.

ITX-새마을과 무궁화의 sample 1에 대한 1/3 옥타브 밴드 주파수 분석 결과는 Figs. 2, 3과 같으며, 두 열차 모두 100~1000 Hz 사이의 주파수 대역에서 높은 소음도를 나타내고 있다.

(3) 청감반응평가실험 방법

소음의 크기에 따른 주관적인 반응의 변화를 확

인하기 위해서 우선적으로 추출한 4개의 대상음을 동일한 물리량으로 변환해야 했다. 이를 위해 각 주파수 대역의 에너지를 일정하게 감소시키거나 증가시키는 필터를 적용하였다. Bies에⁽⁹⁾ 따르면 사람은 음의 크기가 3 dB(A) 변할 때 겨우 감지할 수 있고, 5 dB(A) 변할 때 확실히 감지할 수 있다. 따라서 5 dB(A)를 변환 단위로 설정하였으며, 40 dB(A)~80 dB(A)를 변환 구간으로 설정하여 총 36개의 음원을 제작하였다.

실험을 진행할 때 1회 음원을 청취한 후에 여러 문항에 대해 응답하게 하는 경우 피실험자의 혼란을 야기할 수 있으므로 1회 청취 후 한 개의 문항에 대하여 답하게 하였으며, 각 피실험자는 음원의 영향을 제외한 다른 변수를 배제하기 위하여 이 연구에 사용된 5개의 어휘에 대하여 36개의 음원을 무작위로 배치하여 180회의 음원 청취와 응답을 반복하였다. 피실험자의 집중력과 체력을 고려하여 90회 응답 후 5분의 휴식시간을 갖도록 하였다. 실험 진행 시 현장 사진은 Fig. 4와 같다.

2.2 청감반응평가실험 결과

청감반응평가실험의 피실험자 32명 중 청력테스트를 통과하지 못했거나, 과거에 청력과 관계된 부상을 입은 피실험자의 결과를 제외한 총 29명의 청감반응평가실험 결과를 분석에 사용하였다.

열차소음만을 추출한 sample 1과 방송음이 포함된 sample 2의 차이를 확인하기 위하여 각 음원에 대한 피실험자의 응답결과를 Mann-Whitney U-Test를 이용하여 분석하였다. ITX-새마을은 모든 문항에서 sample 추출방식에 따른 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고, 무궁화는 ‘날카롭다(sharpness)’와 ‘시끄럽다(noisiness)’를 제외한 나머지 문항에서 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. Table 1은 ITX-새마을의 소음에 대해 ‘못마땅하다(annoyance)’는 문항에 대한 설문 응답이 sample 추출 방식에 따라 유의한 차이를 보이지 않는다’는 귀무가설에 대한 Mann-Whitney U-test 결과이다. 연구에 사용된 40 dB(A)~80dB(A)의 소음에 대해 검정을 진행하였다. 유의확률(Asymp. Sig(2-tailed))이 0.05 이하인 경우 귀무가설을 기각할 수 있는데, 50 dB(A)의 소음을 제외한 나머지 소음도에서는 모두 귀무가설이 옳다고 나타난 것을 확인할 수 있다. Table 2는 무궁화에

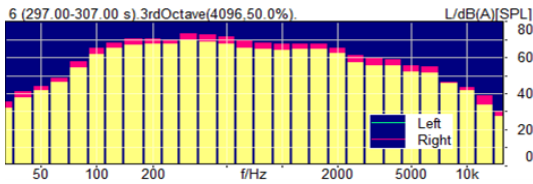


Fig. 2 1/3 octave band analysis for ITX-Saemaeul

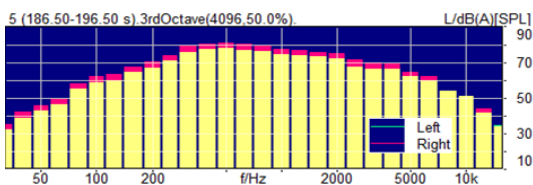


Fig. 3 1/3 octave band analysis for Mugunghwa



Fig. 4 Jury evaluation test at laboratory

대해 같은 방법으로 검정한 것으로 45 dB(A)와 50 dB(A)에서만 귀무가설이 기각되었다.

성가심(annoyance)은 개인 또는 그룹에게 부정적인 영향을 끼친다고 생각하는 어떤 행위나 상태와 관련된 불쾌한 감정이라고 WHO에 의해 정의되고 있다⁽¹⁰⁾. EC는 성가심을 호소하는 비율을 이용하여 소음의 위해성을 평가하고 있으며, %HA(percentage of people highly annoyed), %A(percentage of people annoyed), %LA(percentage of people lowly annoyed)의 세 가지로 분류하고 있다⁽¹¹⁾.

Schultz에⁽¹²⁾ 따르면 성가심 반응 비율 중에서 상위 27~29%에 해당하는 사람들을 %HA라고 정의하였으며, 집단의 반응을 대표하는데 적절한 방법이다. 또한 김득성에⁽¹³⁾ 의하면 %HA 자료는 환경기준이나 규제기준의 개정이 필요할 경우, 상한치 및 하한치의 경계를 구하는 중요한 요소로 사용될 수 있다. 이 연구에서는 11점 척도를 사용하였기 때문에 상위 28%인 8, 9, 10점을 %HA 구간으로 설정하였다. 일반적으로 현장설문조사를 통해 %HA 곡선이

작성되는데, 이 연구에서는 청감반응평가실험을 통해 %HA 곡선을 도출하였기 때문에 %HA_{LAB} 곡선이라 명명하였다.

청감반응평가실험 결과의 %HA_{LAB}이 sample 추출방식에 따라 유의한 차이를 보이지 않는 것으로 판단하여 현장의 소음과 더 유사한 형태인 sample 2의 결과를 활용하여 %HA_{LAB} 곡선을 작성하였다.

Schultz와⁽¹²⁾ Fiedel et al.은⁽¹⁴⁾ 선형 회귀분석을 이용하여 %HA 곡선을 작성하였으나, Finegold et al.은⁽¹⁵⁾ 로지스틱 회귀분석을 이용하여 %HA 곡선을 작성하였다. Finegold et al.에⁽¹⁴⁾ 의해 작성된 노출-반응 곡선은 FICON(Federal Interagency Committee on Noise)과 ANSI(American National Standards Institute)에서 소음관련 영향평가 시 사용되고 있어 실생활에 적용할 수 있는 지표가 되었다⁽¹⁶⁾. 이에 이 연구에서는 선형회귀분석이 아닌 로지스틱 회귀분석을 적용하여 모형을 작성하였다.

선형 회귀모형의 R²는 회귀식의 설명력이라고 할 수 있는데, 일반적으로 그 값이 높을수록 설명력이

Table 1 Mann-Whitney U-test on ITX-Saemaoul

Noiselevel(dB(A))	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Mann-Whitney U	407.50	391.50	298.00	357.00	386.00	419.00	416.50	330.00	388.00
Wilcoxon W	842.50	826.50	733.00	792.00	821.00	854.00	851.50	765.00	823.00
Z	-0.22	-0.47	-1.98	-1.01	-0.54	-0.02	-0.06	-1.45	-0.53
Asymp. Sig (2-tailed)	0.83	0.64	0.05	0.31	0.59	0.98	0.95	0.15	0.59

Table 2 Mann-Whitney U-test on Mugunghwa

Noiselevel(dB(A))	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Mann-Whitney U	352.50	287.00	299.00	407.00	338.50	397.00	364.00	305.50	399.50
Wilcoxon W	787.50	722.00	734.00	842.00	773.50	832.00	799.00	740.50	834.50
Z	-1.11	-2.19	-1.96	-0.21	-1.29	-0.37	-0.89	-1.82	-0.34
Asymp. Sig (2-tailed)	0.27	0.03	0.05	0.83	0.20	0.71	0.37	0.07	0.73

Table 3 %HA_{LAB} curve summary and Hosmer-Lemeshow test

Annoyance	Nagelkerke R ²	Hosmer-Lemeshow		
		Chi-square	Degree of freedom	p-value
ITX-Saemaoul	0.555	2.744	7	0.908
Mugunghwa	0.599	2.439	7	0.932
Combined	0.606	0.824	7	0.997

좋다는 것을 의미한다⁽¹⁷⁾. 또한 Hosmer-Lemeshow 검정은 로지스틱 모형의 적합도를 평가하는 방법으로 유의수준 0.05일 때 유의확률(p-value)이 유의수준보다 클 경우 추정된 모형이 적합하다고 판단한다⁽¹⁷⁾. Table 3에서 제시하는 세 가지 모형의 Nagelkerke R²는 모두 0.5를 초과하고, 유의확률이 0.05를 초과하므로 적합한 모형이 추정되었다고 할 수 있다⁽¹⁷⁾.

Fig. 5는 청감반응평가실험에서 ITX-새마을과 무궁화에 대한 소음의 크기에 따른 성가심도의 평균을 보여주고 있으며, Fig. 6과 Fig. 7은 두 종류의 열차에 대해 청감반응평가실험의 결과를 이용하여 산출한 %HA를 로지스틱 회귀분석으로 도출한 %HA_{LAB} 곡선이다. 각 곡선에 대한 회귀식은 식 (1)과 (2)로 나타나고 있으며, 두 종류의 열차의 평균을 이용한 %HA_{LAB} 곡선과 회귀식은 Fig. 8과 식 (3)이다. 도출된 %HA_{LAB} 곡선 모두 약 75 dB(A)에서 성가심이 급격하게 증가하는 유사한 양상을 나타냈다.

모형적합도(classification accuracy)는 작성한 모형의 결과가 실제 실험 결과와 얼마나 유사하게 나타나는가를 설명하는 지수이다. 로지스틱 회귀 분석은 실험의 결과를 0 또는 1로 구분하여 분석하는데, 0.00 모형적합도는 실제 실험 결과에서 0의 응답을 나타냈을 때 모형에서 0이 나타날 확률을 의미하며, 1.00 모형적합도는 1의 응답을 나타냈을 때 1이 나타날 확률을 말한다. 종합 모형적합도는 각각의 모형적합도를 발생빈도로 가중평균하여 나타낸 값으로 모든 결과를 바탕으로 해당 모형이 실제 실험 결과에 대해 얼마나 유사하게 나타나는가를 보여준다.

$$\%HA_{LAB}(I) = \frac{100}{(1 + e^{15.543 - 0.209L_{eq}})} \quad (1)$$

$$\%HA_{LAB}(M) = \frac{100}{(1 + e^{17.726 - 0.239L_{eq}})} \quad (2)$$

$$\%HA_{LAB}(C) = \frac{100}{(1 + e^{13.705 - 0.161L_{eq}})} \quad (3)$$

이 연구에서는 소음의 크기에 대한 정보를 바탕으로 소음이 성가시지 않은 경우에는 0의 반응을, 성가신 경우에는 1의 반응을 나타낸 것으로 간주하였다. Table 4를 통하여 소음원의 종류에 따라 성가

심 반응 여부의 빈도를 확인할 수 있다. 예를 들어 ITX-새마을의 소음에 대한 성가심 반응을 살펴보면 청감반응평가실험에서는 209개의 성가시지 않다는 반응이 확인되었으나, 모형에서는 188개의 성가시지 않다는 반응과 21개의 성가시다는 반응이 확인되었다. Table 5의 ITX-새마을의 모형적합도를 확인하면

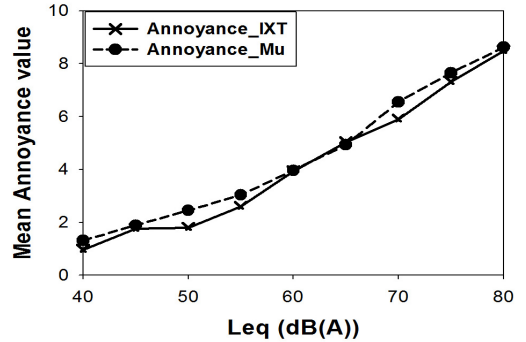


Fig. 5 Mean annoyance value for ITX-Samaeul and Mugunghwa

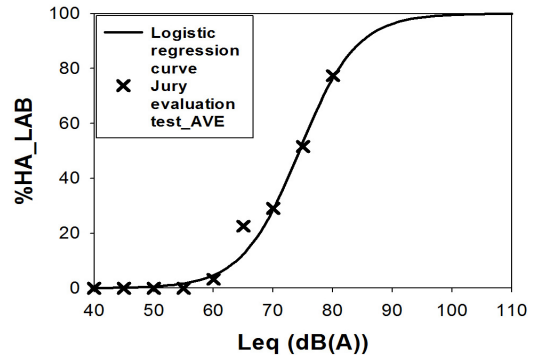


Fig. 6 %HA_{LAB} curve for ITX-Saemaeul

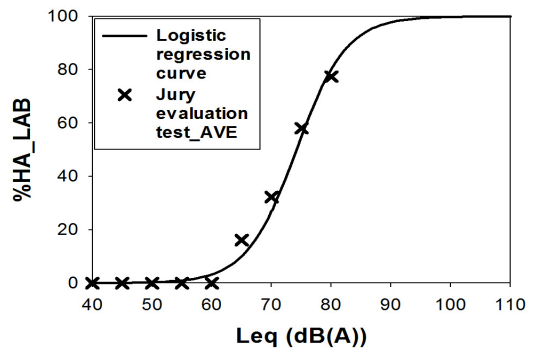


Fig. 7 %HA_{LAB} curve for Mugunghwa

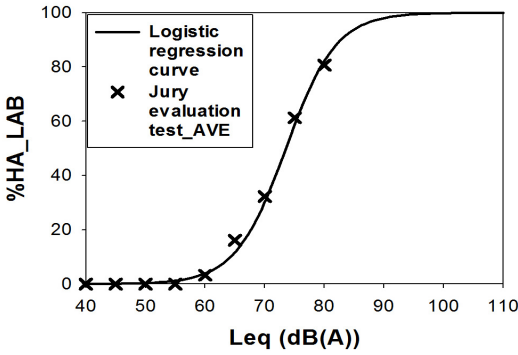


Fig. 8 Combined %HALAB curve

Table 4 Annoyance response on model and jury evaluation test

Annoyance		Annoyance response on model			
		0.00	1.00	Total	
Annoyance response on jury evaluation test	ITX-Saemaetul	.00	188	21	209
		1.00	15	37	52
	Mugunghwa	.00	190	20	210
		1.00	13	38	51
	Combined	.00	189	18	207
		1.00	14	40	54

Table 5 %HALAB curve classification accuracy

Annoyance	0.00 Classification accuracy	1.00 Classification accuracy	Total classification accuracy
ITX-Saemaetul	90.0	71.2	86.2
Mugunghwa	90.5	74.5	87.4
Combined	91.3	74.1	87.7

성가시지 않은 반응에 대한 모형적합도는 90.0%, 성가신 반응에 대한 모형적합도는 71.2%로 나타나는 것을 확인할 수 있다. 총 모형적합도는 두 모형 적합도를 가중평균한 86.2%로 나타났다. ITX-새마을과 무궁화 및 두 소음을 종합한 결과를 이용하여 작성한 세 가지 회귀모형 모두 85% 이상의 높은 적중률을 보이고 있다.

3. 결론 및 향후 연구 계획

청감반응평가실험을 통해 %HALAB 곡선을 도출하

는 경우에는 현장설문조사를 통해 %HA 곡선을 도출하는 경우보다 더 작은 표본을 이용하여 유의한 결과를 도출할 수 있었다.

음원으로 사용된 두 열차의 소음은 유사한 주파수 성분을 나타냈으며, ITX-새마을과 무궁화에 대한 청감반응평가실험의 응답과 두 열차의 평균을 이용하여 작성된 %HALAB 곡선 또한 열차의 종류에 따라 곡선의 양상이 큰 차이를 보이지 않았다. 세 곡선 모두 40 dB(A)에서는 %HA가 0에 가까웠으며, 75 dB(A)에서 성가심이 급격하게 증가하는 것과 85 dB(A)이상에서 90%에 가까운 사람들이 성가심을 호소한다는 것을 확인할 수 있었다.

로지스틱 회귀분석으로 작성된 모형을 검증하는 Hosmer-Lemeshow 검정과 적합도 검정을 통하여 모형을 평가한 결과, 0.9 이상의 유의확률과 85% 이상의 적중률을 나타내었으므로, 모형이 청감반응평가실험을 잘 반영하고 있는 것을 확인할 수 있었다.

이 연구에서는 도시철도에 대한 %HALAB 곡선을 작성하지 않았지만, 일반철도와 유사한 주파수 성분을 나타내면 도시철도에 대한 주관적 반응의 결과 또한 비슷할 것으로 예상할 수 있다. 또한 청감반응평가실험의 대상역사인 A역에서 현장설문조사를 진행하여 %HA 곡선을 작성하고 현장의 소음도와 %HALAB 곡선과 비교하여 실제 철도 역사의 승강장에서 성가심을 호소하는 비율을 예측할 계획이다.

대상 역사의 소음을 통해 작성된 %HALAB 곡선과 %HA 곡선을 이용하여 사람의 소음도에 따른 주관적 반응을 확인할 수 있을 것이다. 소음 기준을 마련한 후에 해당 소음기준을 두 곡선에 대입해서 소음기준이 합리적으로 정립되었는지 검증할 때 활용할 수 있을 것이다.

후 기

이 연구는 국토교통과학기술진흥원 철도기술연구사업 “역사 구조물 소음/진동 저감기술 개발” 지원에 의해 수행되었습니다.

References

(1) ACT No. 10252, 2010, Noise and Vibration Control ACT, Republic of Korea.

(2) ACT No. 11292, 2012, National Land Planning and Utilization ACT, Republic of Korea.

(3) KR A, 2012, Railway Design Principle and Manual : Architecture, Korea Rail Network Authority.

(4) Chun, H.-J., Kim, D.-S., Ko, J.-H. and Chang, S.-I., 2008, Jury Evaluation Test for Annoyance Response of KTX(Korea Train Express) and Ordinary Train Noise, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 18, No. 3, pp. 335~344.

(5) Jung, K. Y., Lee, T. G. and Kim, S. W., 1998, A Preliminary Study on the Psychological Factors of Environmental Noise, Transactions of the Architectural Institute of Korea, Vol. 14, No. 11, pp. 323~330.

(6) ISO/TS 15666, 2003, Acoustics-assessment of Noise Annoyance by Means of Social and Socio-acoustic Surveys, International Organization for Standardization(ISO).

(7) David, L. C. and Floyd, E. T., 1996, AES Recommended Practice for Professional Audio – Subjective Evaluation of Loudspeakers(AES20-1996), AESWG-07 Working Group on Listening Tests, Audio Engineering Society Standard.

(8) Otto, N. and Amman, S., 1999, Guidelines for Jury Evaluations of Automotive Sound, SAE 1999-01-1822, SAE Noise and Vibration Conference, May 1999, Traverse City, MI, USA.

(9) Bies, D. A. and Hansen, C. H., 2003, Engineering Noise Control : Theory and Practice(Ed.3), Taylor & Francis.

(10) WHO, 2003, WHO Technical Meeting on Noise and Health Indicators – Second Meeting Results of Testing and Piloting in Member States(Meeting Report), World Health Organization.

(11) Working Group 1 (Ed.), 1999, Position Paper on EU Noise Indicators, Steering Committee on Environmental Noise : EC, 27 August 1999.

(12) Schultz, T. J., 1978, Synthesis of Social Surveys on Noise Annoyance, Journal of Acoustic Society of America, Vol. 64, No. 2, pp. 377~405.

(13) Kim, D.-S., Chang, S. I., Lee, K.-J. and Lee, Y.-S., 2006, A Study on the Conversion of Annoyance Using the Noise Standard in Korea, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 641~645.

(14) Fiedell, S., Barber, D. S. and Schultz, T. J., 1991, Updating Dosage-effect Relationship for the Prevalence of Annoyance due to General Transportation Noise”, J. Acoust. Soc. Am., Vol. 89, pp. 221~233.

(15) Finegold, L. S., Harris, C. S., Von Gierke, H. E., 1994, Community Annoyance and Sleep Disturbance: Updated Criteria for Assessing the Impacts of General Transportation Noise on People, Noise Control Engineering Journal, Vol. 42, No. 1, pp. 25~30.

(16) Son, J. H., 2010, Dichotomization Method of the Subjective Response for Modeling Railway and Platform Noise Exposure-response, Graduate School, University of Seoul, Seoul.

(17) Chai, G. M., 2012, SocialScience Statistics Analysis, YSAPUB.



Phillip Kim is Master's course student of Dept. of Energy and Environmental System Engineering, the Graduate school of university of Seoul. His research interests are environmental noise & vibration control and application

noise to sociology.



Seo Il Chang completed his Ph.D. studies in the Herrick laboratories, Dept. of Mechanical Engineering, Purdue University in 1993 on nonlinear problems of mechanical systems including plates and shells. In 1997, he started his academic professional career in the Dept. of Environmental Engineering, the University of Seoul. His major research interest has been the environmental noise and vibration control and people in his lab have generated noise maps of cities. Recently, he collaborates with researchers from other fields including transportation, GIS, air quality and public health to make environmental pollution maps and to assess health impact. His long-term research plan is to study the relations between environmental noise and urban forms.