

청감실험을 통한 도시철도 승강장 소음의 성가심 반응에 대한 연구

Study on the annoyance response of subway station noise using jury evaluation test

김동준*·김득성*·손진희*·장서일†

Dong-Jun Kim, Deuk-Sung Kim, Jin-Hee Son and Seo Il Chang

Key Words : subway station noise(도시철도 승강장 소음), jury evaluation test(청감실험), sound quality parameter(음질 파라미터)

ABSTRACT

The purpose of this study is to reveal the quantitative dose-response relationship between the noise emitted in the platform of subway station and the public response. The noise measured in the platform of subway station was used for a jury test. In order to find the factors which influence annoyance response due to the platform noise, jurors were examined for the difference of the annoying response, interrelation of sound quality parameter and annoyance response. The platform noise level was 77.2~83.9 dBA and the most of passengers at the platform were highly annoyed. And screen door contributes to annoyance reduction of platform noise. The results from analyzing sound quality parameters shows that loudness and annoyance response have a high correlation coefficient.

1. 서론

서울시의 주요 대중 교통수단 중 하나인 도시철도는, 연간 이용 승객이 25억 명(2007년)에 달할 정도로 가장 대중적인 교통수단이 되었다. 도시철도의 소음은 외부구간에서의 운행에 의해 인근 주민에게 미치는 소음, 전동차가 진입하거나 진출할 때 역사 내에서 탑승을 기다리는 승객에게 미치는 승강장 소음과, 전동차 내에서 쾌적한 승차환경을 저해하는 전동차 내 소음 등으로 나눌 수 있다. 외부구간에서 발생하는 소음에 대해서는 방음벽 등의 대책을 세우고 있으며, 실내에서 발생하는 소음은 주 소음원인 차륜/레일의 마찰음을 줄이기 위해 저소음 차륜을 설치하거나 터널 내에서 발생하는 소음의 영향을 줄이기 위하여 터널 벽면에 흡음재를 설치하는 등 많은 노력을 하고 있다. 또한, 국토해양부에서 고시한 “도시철도차량 표준사양”에서는 전동차 실내 소음의 기준을 기존 85dB에서 80dB로 강화하여 전동차 내부의 정온성을 추구하고자 하였다. 그러나 도시철도 소음에 대한 승강

장내의 국내 법적 소음기준은 현재까지 전무한 실정이며, 이로 인하여 도시철도 소음으로부터 역사 내에서 근무하는 역무원과 도시철도를 이용하는 승객의 피해가 갈수록 증가하고 있다.

본 연구에서는 서울시에 위치한 도시철도 승강장의 도시철도 소음을 음원으로 하였다. 각각의 승강장 소음에 대해 승강장 소음을 동일한 등가소음도로 변환 한 후 청감실험을 통해 성가심 정도를 살펴보고, 도시철도 소음의 성가심에 영향을 미치는 인자들을 알아보고자 평가원들 개개인의 특성(성별, 이어폰/헤드폰 착용빈도, 도시철도 이용 빈도)에 의한 성가심의 차이에 대해 분석하였다. 그리고 동일 물리량으로 변환된 음원을 음질 파라미터를 이용하여 비교·분석, 청감실험의 결과와 비교하여 성가심 반응과 연관성을 가지는 인자를 알아보았다.

2. 승강장 소음 분석 및 음원 제작

2.1 승강장 소음 측정

도시철도 승강장 소음의 측정은 소음원별로 물리적 크기를 측정하고 동일 물리량으로 변환시킨 음원을 청감실험에 이용하고자 실시하였다. 녹음 장비로는 Head Acoustics사의 HMSIII(Dummy Head)를 이용하였으며, 소음 측정을 위해 추가로 Larson Davis사의 System 824(sound level meter)를 이용하였다.

승강장은 역사구조별로 각각 한 개의 역사를 지정하여

† 교신저자; 정회원, 서울시립대 환경공학부
E-mail : schang@uos.ac.kr
Tel: (02) 2210-2177, Fax: (02) 2210-2877

* 정회원, 서울시립대 환경공학과

총 6개 역으로 선정했다. 측정조건은 Table 1과 같다. 승강장 종류 중 섬식(Island platform)은 중앙에 승강장이 있고, 양 측면으로 열차가 진입하는 구조이며, 상대식(Side platform)은 반대로 양 측면에 승강장이 있고, 중앙으로 열차가 진입하는 구조다.

Table 1 Noise measurement condition

Platforms	Island	Side	ground	Under-ground	Screen door	No screen door
Stations	A	B	C	D	E	F
Measurement point	Center of platform					
Distance length	1.5~2.0m from platform edge					
Height of microphone	1.2~1.5m from platform floor					
Recording time	Access : 30 Sec., Egress : 20 Sec.					



Fig. 1 Noise measurement of subway stations

2.2 승강장 소음 분석 및 청감실험 음원 제작

(1) 진입/진출음의 분리

Fig. 2는 Sound Quality 프로그램을 이용하여 한 역 승강장에서 녹음한 승강장 소음에서 진입음을 분리하는 과정을 나타낸 것이다. 열차가 진입하는 순간에서 정차 후 문이 열리기 직전 까지를 진입구간으로 정하고, 문이 닫힌 후 출발하여 승강장을 빠져나갈 때까지의 음을 진출음으로 하여 그 구간의 음을 선택하였다. 각 역사의 음원별로 진입시간은 30초, 진출시간은 20~21초로 하여 청감실험에서 청음시간으로 정하였다.

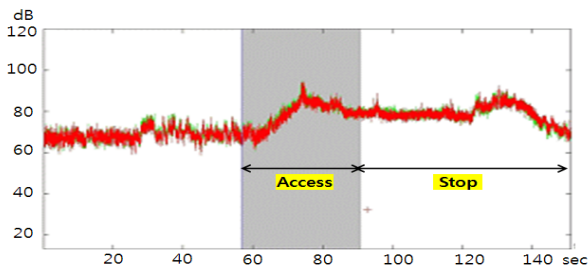


Fig. 2 Separation of test sound

(2) 승강장 소음의 특징 분석

분리된 음의 소음도를 계산한 결과는 다음과 같다.

Table 2 SPL of sound sample

Stations	Access(L _{eq} dB(A))	Egress(L _{eq} dB(A))
A	81.1	81.7
B	81.5	82.9
C	81.4	80.8
D	77.2	80.0
E	71.8	76.5
F	81.7	83.9

Fig. 3은 각 음원에 대해 주파수에 따른 레벨 변화를 보여준다.

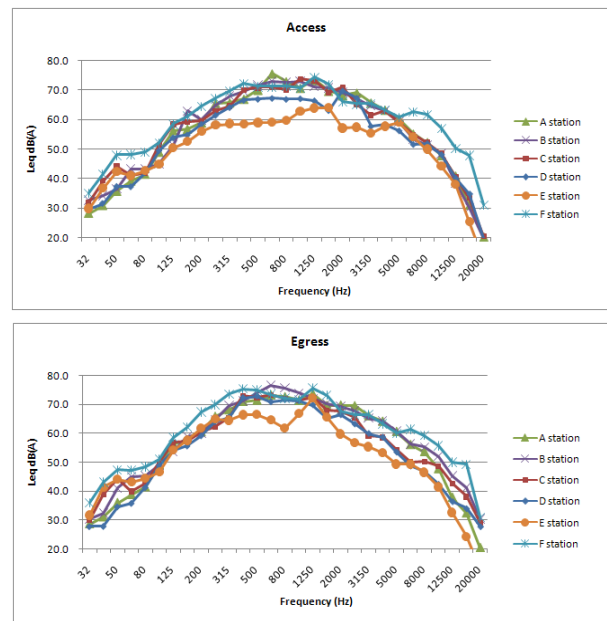


Fig. 3 Frequency analysis of sound source

역사 승강장의 소음원으로는 도시철도가 진입/진출 할 때 발생하는 소리, 열차가 진입/진출 할 때 들려주는 안내방송소리, 승객들의 말소리 및 걸음소리, 광고방송소리 등이 있었다. 승강장에는 이러한 모든 소리가 존재하므로 녹음한 음원을 청감실험의 승강장 소음으로 하였다.

주파수 분석 결과 대부분의 역이 유사한 주파수 분포를 보였다. 다만 스크린도어가 있는 E 역사의 경우 약 315Hz~4000Hz에서 다른 역사에 비해 낮은 레벨을 보였는데 이는 스크린도어에 의한 열차소음의 차단 때문인 것으로 판단된다. 그러나 약 1000Hz~2000Hz 대역은 다른 역사와 비슷한 결과를 나타냈는데 이는 열차 진입 시 안내방송에 의해 발생하는 소리 때문인 것으로 보인다. 그리고 F승강장의 경우 고주파에서 높은 레벨을 나

타냈는데 이것은 열차와 레일간의 마찰에 의해 발생하는 음에 의한 것으로 판단된다.

(3) Filtering을 통한 일정한 등가소음도로의 변환

여러 역사에서 측정, 녹음한 음원에 대해 분리된 대상 음은 각각 소음도가 다르다. 역사의 형태에 따른, 소음도의 변화에 따른 성가심 차이를 분석하기 위해서는 각각의 음원을 일정한 등가소음도로 변환 시킬 필요가 있다.

Figure 4는 원음원의 주파수별 소음도의 분포를 나타내는 것으로 각각 막대의 수치는 Dummy Head의 양쪽 귀부분에 위치한 마이크로폰에서 측정된 소음도를 나타낸다. 위 그림은 원음의 소음도를 나타내고 아래의 그림은 Filter를 적용하여 청감실험에 필요한 등가소음도의 음원으로 바꾸는 것을 나타낸다. Filter는 원하는 레벨을 만들기 위해 각 주파수 대역의 에너지를 일정하게 감소시키는 형태로 만들었다.

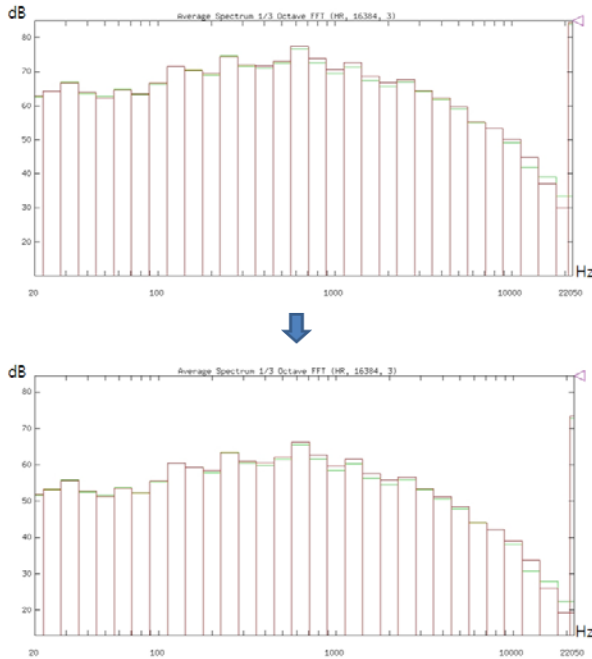


Figure 4 Application of filter

이렇게 filter를 이용하여 각각의 등가소음도에 맞는 음원을 제작하였고 이러한 음원들을 이용해 청감실험을 수행하였다. 본 연구에서는 열차의 진입, 진출 시 음에 대해 60dB, 65dB, 70dB, 75dB, 80dB Leq로 음원을 제작하였다.

3. 청감실험

3.1 청감실험실 환경 및 장비구성

(1) 청감실험실 환경

본 연구에서 청감실험은 본교에 위치한 연구실내의 청감실험실에서 실시하였다. 청감실험은 스피커나 헤드폰을 이용하여 실시할 수 있으며, 스피커를 통하여 소리가 제시될 경우, 현장감이 헤드폰에 비해 뛰어나지만 평가원들이 실 안에서 각자 다른 위치에 있기 때문에 소리에 대한 영향을 다르게 받게 된다. 헤드폰을 이용하여 실험을 진행하면, 반대로 현장감은 떨어지지만 실험을 진행하는 도중에 배경 소음의 영향을 감소시킬 수 있고, 각 평가원들에게 동일한 소음을 제시할 수 있다. 그리하여, 청감실험은 헤드폰을 이용하여 소음을 제시하였다. 헤드폰은 'Sennheiser'사의 소음 재현성이 뛰어난 'HD 580'을 사용하였다.

청감실험실은 실내에 공조시설(급기 : 에어컨, 배기 : 흡기 팬)과 전기시설(백열조명 6구, PDP모니터)을 모두 가동하는 상황에서 배경소음이 20~22dB(A)로 Norm Otto(1)와 Beranek(2)이 제안한 NCB 20 이하(NC 20과 비슷한 수치)이다. 청감실 내부의 온도와 습도는 Norm Otto와 Beranek이 제안한 상대습도(Relative Humidity) 45~55%, 실내온도 22~23℃를 실험 기간 동안 유지하였다.

(2) 장비 구성

청감실험은 한 번에 최대 4명의 평가원이 참여할 수 있도록 Fig. 5와 같은 장비를 사용하여 진행하였다.

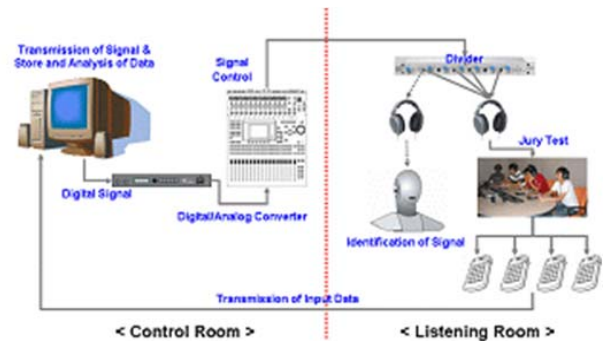


Fig. 5 Jury test setup

청감실험에 사용한 음은 Amplifier(Samson사의 SX-1200)와 믹싱콘솔(Mixing Console, Yamaha사의 O1V-96)을 통하여 6채널의 분배기(Divider)로 연결되어 4명의 평가자들에게 각각의 헤드폰으로 들려준다. 평가자들은 각자의 앞에 있는 키패드를 통해 헤드폰을 통해 들리는 음에 대해 성가심 정도를 입력하고, 입력된 데이터는 키패드 허브를 통해 컴퓨터 프로그램에 저장된다.

3.2 청감실험

실험은 본교 대학생과 대학원생 중 청감실험을 경험했던 사람들 중 58명(남 : 32명, 여 : 26명)을 대상으로 실시하였다.

성가심에 관한 연구에서 청감실험의 방법에는 Paired Comparison Method(대응비교법, 이하 PCM)와 Semantic Differential Method(어의차이척도법, 이하 SDM)등이 있다. PCM은 두 개의 소리를 들려주고 평가원이 평가 항목에 대하여 판단하고, 평가를 내리는(A or B) 방법이고, SDM은 기술적으로 정의된 어휘로서 양극척도를 주고 주어진 자극에 대해서 그 척도 내에서 선택하도록 하는 방법이다.

본 실험에서는 SDM 청감실험을 실시하였으며 평가원들에게 6개의 역사 소음에 대해 진입음과 진출음을 동일 등가소음도(60, 65, 70, 75, 80dB)로 변환한 총 56개의 음을 들려주었다. 음의 재생 순서는 평가원들마다 각각 다르게 하여 성가심을 평가할 때 음 자체의 영향 외에 다른 변수를 배제하고자 하였다.

음에 대한 평가는 크기나 심리적으로 느낀 불쾌함에 대한 7점 척도(7-points numerical scale)를 사용하였다. 하나의 음을 들은 후 그 음에 대해 느낀 불쾌감을 10초 내에 키패드를 통해 1점부터 7점까지 평가하였다. 데이터들은 컴퓨터에 저장되어 분석 자료로 이용되었다.

Table 3 Semantic Differential Scale (7 points)

point	Words
1	Not at all annoyed
2	A little annoyed
3	Somewhat annoyed
4	Annoyed
5	Rather annoyed
6	Very annoyed
7	Extremely annoyed

3.3 음질파라미터를 이용한 성가심 반응 분석

초기의 음질(Sound quality)에 대한 논의는, 음향에너지의 감소라는 일차원적 목표만을 추구하는 대신 한층 더 관련된 특징(시간구조나 주파수특성)에 대해 주목하고, 데시벨(dB)과 같은 척도는 사용자가 인지하는 소리와는 실제로 매우 다르다는 관점에서 출발하였다.⁽³⁾⁽⁴⁾ 크기평가에는 크기레벨(loudness level)의 적용이 강조되었고, 소음의 '날카로움'의 차원에 대한 척도로서 von Bismarck가 1974년에 제안했던 'sharpness(날카로움)'가, 소리의 순간적인 특성에 대해서는 Fastl이 1982년에 제안한 'fluctuation strength(변동강도)'가 그리고 1974년에 제안했던 'roughness(거칠기)'가 제안되었다. 그리고 1990년 Zwicker와 Fastl은 sharpness, roughness, tonality, 그리고 loudness로 구성된 'sensory pleasantness(감각적 유쾌함)'의 모형을 제안하여 소음의 심리평가에서 비음향적인 요인의 영향까지를 포함하여 단일지표로 평가하는 시도를 하였다.⁽⁵⁾⁽⁶⁾

동일 등가소음도로 변환된 음원에 대해 각각의 음질파라미터 값을 구하기 위해 Sound Quality 프로그램을 이용하였다.

Metric	Units	Left	Right	Avg.
Zwicker Loudness (Sones)	sones	32.7	34.5	33.6
Zwicker Loudness (Phons)	phon	90.3	91.1	90.7
Sharpness	acum	1.126	1.151	1.138
TransientLoudness5.exe				
TLs5	sones	30.9	32.5	31.7
TLp5	phon	89.5	90.2	89.8
TSh	acum	1.244	1.262	1.253
TransientLoudness10.exe				
TLs10	sones	29.8	31.1	30.4
TLp10	phon	89.0	89.6	89.3

Fig. 6 Calculation of sound quality parameters

본 연구에서는 청감실험 음원에 대해 sharpness, roughness, tonality, fluctuation strength 그리고 loudness값을 청감실험을 통해 얻어진 성가심 반응과 비교하여 음질파라미터와 성가심 반응의 상관성을 분석하는데 이용하였다.

4. 결 과

4.1 소음도와 성가심 반응의 관계

각 소음원별로 성가심 정도를 알아본 결과는 다음과 같았다. 7점척도를 이용하여 청감실험을 실시하였으며, 보통으로 성가심을 호소하는 %A (annoyed, 7점척도에서는 4점 이상), 높은 성가심을 호소하는 %HA(highly annoyed, 7점척도에서는 6점 이상)에 해당하는 음압레벨을 찾아보았다.

Table 4 Result of SDM (access)

Station	60dBA	65dBA	70dBA	75dBA	80dBA
A	2.00	3.60	4.02	5.76	6.50
B	2.22	3.19	4.00	5.62	6.57
C	1.93	3.31	3.93	5.50	6.43
D	2.50	3.52	4.60	5.84	6.59
E	2.59	4.16	5.48	-	-
F	2.79	3.62	4.72	6.33	6.84

Table 5 Result of SDM (egress)

Station	60dBA	65dBA	70dBA	75dBA	80dBA
A	2.34	3.95	4.48	5.98	6.45
B	2.12	3.41	4.02	5.88	6.62
C	2.09	3.34	3.78	5.69	6.45
D	1.98	2.97	4.00	5.45	6.36
E	2.03	3.43	4.62	-	-
F	2.50	3.62	4.33	6.05	6.53

위 결과에서 E 승강장의 경우 측정 소음도가 71~72dBA이었는데 75dBA, 80dBA의 음으로 변환시키기 위해서는 에너지를 증가시켜야 한다. 하지만 증가시킨 음을 청취한 결과 대상음 외에 전기적인 잡음이 포함되어 70dBA까지의 음을 대상으로 실험을 실시하게 되었다.

Fig. 7은 위에서 나타난 결과에 대해 %A(annoyed), %HA (highly annoyed)에 해당하는 음압레벨을 나타낸 것이다.

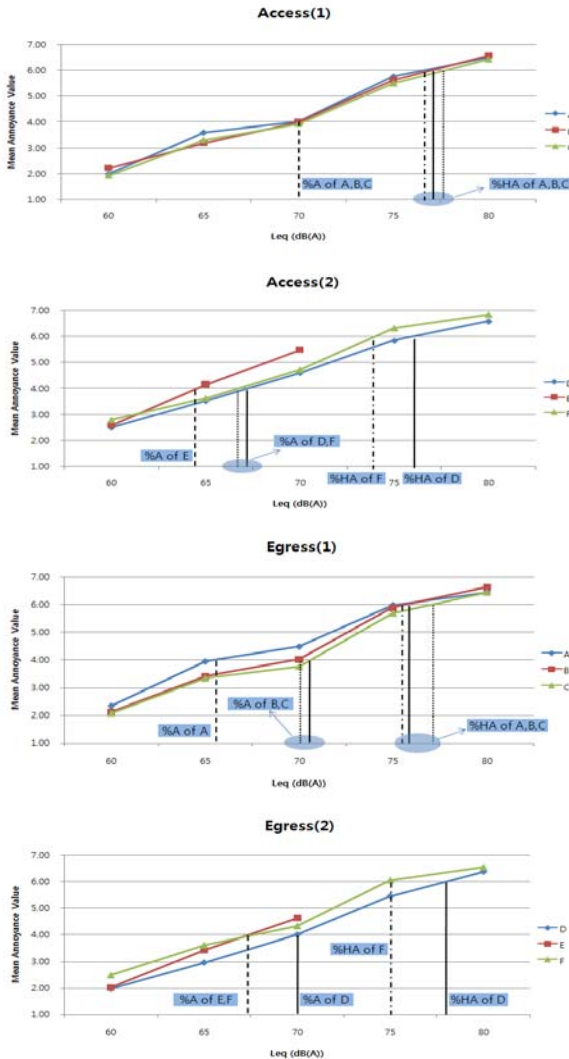


Fig. 7 Leq of %A and %HA

Table 6 Leq of %A and %HA

Stations	Access(L_{eq} dB(A))		Egress(L_{eq} dB(A))	
	%A	%HA	%A	%HA
A	69.8	76.9	65.5	75.2
B	70.0	77.1	69.8	75.7
C	70.3	78.0	70.5	77.2
D	67.3	76.4	70.0	77.9
E	64.6	-	67.3	-
F	66.9	73.8	67.9	74.9

6종류의 승강장 소음을 대상으로 청감실험을 실시한 결과 승강장에서 소음도가 진입 시 64.6~70.3dBA 사이, 진출 시 65.5~70.5dBA에서 보통 성가심을 느끼고, 진입 시 73.8~78.0dBA에서, 진출 시에는 74.9~77.9dBA에서 높은 성가심을 느끼는 것으로 나타났다.

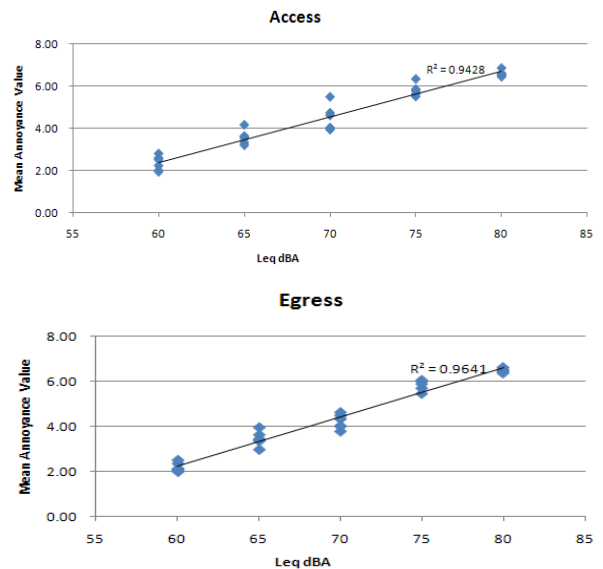


Fig. 8 Relationship between Leq dBA and annoyance

청감실험 결과, 소음도가 높을수록 성가심 정도가 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 승강장에서 소음을 측정했을 때 스크린도어가 없을 경우 77.2~83.9dBA의 값을 나타내므로 대부분의 승강장에서 승객들은 높은 성가심을 느낄 것이다. 스크린도어가 있는 역사는 동일 등가 소음도일 경우에는 스크린도어가 없는 역사에 비해 성가심이 크게 나타났다. 이것은 스크린도어에 의해 도시철도 소음 중 500~5000Hz 음이 저감되어 동일 등가소음도로 변환시켰을 때 상대적으로 저주파 음이 크게 나타나게 되었기 때문이다. 그러나 스크린도어에 의해 소음도가 7~10dBA가 저감되므로 저감된 소음도를 적용하여 성가심 정도를 비교해보면 (E역사의 70dBA와 F역사의 80dBA) 스크린도어가 있는 승강장이 적은 성가심을 나타내었다. 즉, 스크린 도어는 승강장 소음에 의한 피해

를 감소시키는데 효과가 있다고 할 수 있다.

4.2 청감실험 평가원에 의한 성가심 차이

(1) 성별에 따른 성가심 차이

Table 7은 평가원의 성별에 따라 성가심 반응의 차이를 나타낸 것이다.

Table 7 Relationship between gender and annoyance

	Access(Annoyance)			Egress(Annoyance)		
	Male	Female	Diff.	Male	Female	Diff.
60dBA	2.43	2.22	0.21	2.30	2.03	0.27
65dBA	3.66	3.45	0.21	3.54	3.35	0.19
70dBA	4.51	4.40	0.10	4.31	4.08	0.23
75dBA	5.88	5.73	0.14	5.88	5.73	0.15
80dBA	6.63	6.53	0.10	6.55	6.40	0.15

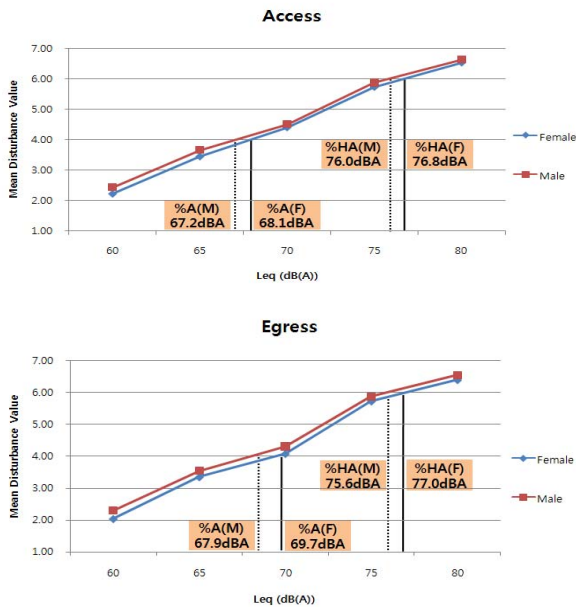


Fig. 9 Relationship between gender and annoyance

성별에 따른 성가심 차이를 분석한 결과, 전반적으로 여성에 비해 남성이 더 성가심을 느끼는 것으로 나타났으며 전체적인 평균을 비교했을 때도 같은 결과가 나왔다. 보통 성가심을 느끼는 %A와 높은 성가심을 느끼는 %HA는 여성이 남성에 비해 1.6~2.8 dBA 만큼 높게 나타났다.

(2) 평가원의 이어폰/헤드폰 착용 빈도에 따른 차이

Table 8은 평가원의 이어폰/헤드폰 착용 빈도에 따른 성가심 반응의 차이를 나타낸 것이다. 여기서 미착용의 기준은 1일 1시간 이하 착용하는 것을, 착용의 기준은 1일 1시간을 초과하여 착용하는 것을 의미한다. 미착용 인원은 24명, 착용 인원은 34명이었다.

Table 8 Relationship between ear/headphone and annoyance

	Access(Annoyance)			Egress(Annoyance)		
	Wear	Non-wear	Diff.	Wear	Non-wear	Diff.
60dBA	2.39	2.25	0.14	2.24	2.07	0.17
65dBA	3.64	3.41	0.23	3.54	3.26	0.28
70dBA	4.57	4.25	0.32	4.38	3.88	0.50
75dBA	5.96	5.54	0.43	5.99	5.50	0.49
80dBA	6.75	6.33	0.42	6.69	6.16	0.53

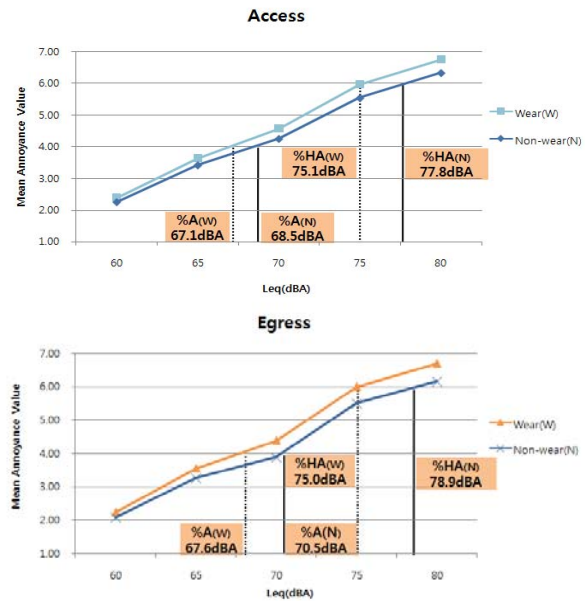


Fig. 10 Relationship between ear/headphone and annoyance

이어폰/헤드폰 착용 빈도에 따른 성가심 차이를 분석한 결과, 이어폰/헤드폰을 자주 착용하는 사람이 그렇지 않은 사람에 비해 더 성가심을 느끼는 것으로 나타났으며, 소음도가 높을수록 성가심의 차이는 더 크게 나타났다. 보통 성가심을 느끼는 %A보다 높은 성가심을 느끼는 %HA가 더 큰 차이를 보였으며 그 차이는 1.4~3.9 dBA 정도였다.

4.3 음질파라미터와 성가심의 상관관계

청감실험에서 성가심의 차이가 발생하는 이유를 살펴보고자 실험음의 음질 파라미터를 살펴보고, 실험 결과와 비교해 보았다.

Table 9 Correlation coefficient of sound

	Loudness		Sharpness		Roughness	
	Access	Egress	Access	Egress	Access	Egress
coefficient of correlation (r)	0.983	0.988	0.241	0.340	0.907	0.884
	Tonality		Fluctuation Strength			
	Access	Egress	Access	Egress		
coefficient of correlation (r)	-0.09	0.060	-0.14	-0.04		

Table 10 Correlation coefficient and p-value(p) of sound

	Loudness		Sharpness		Roughness		Tonality		Fluctuation Strength	
	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
60 dBA	0.844	0.001	0.779	0.002	0.324	0.304	0.361	0.249	0.163	0.612
65 dBA	0.766	0.004	0.657	0.020	0.138	0.668	0.210	0.513	0.233	0.466
70 dBA	0.754	0.005	0.558	0.059	0.614	0.033	0.270	0.396	0.292	0.357
75 dBA	0.822	0.004	0.820	0.004	0.024	0.948	0.142	0.695	0.150	0.680
80 dBA	0.741	0.014	0.805	0.005	0.053	0.884	0.401	0.251	0.026	0.943

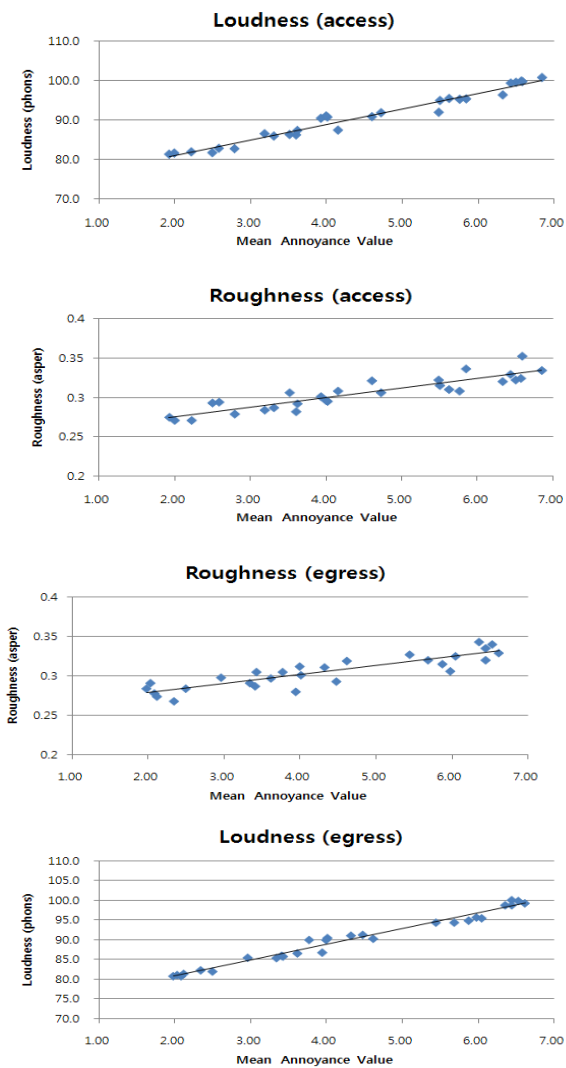


Fig. 11 Relationship between sound quality parameters and annoyance

Table 10는 동일한 등가소음도를 가진 음원간의 음질 파라미터와 성가심의 상관관계를 나타낸 것이다.

상관관계를 알아본 결과 모든 음원에 대해서는 loudness와 roughness가 높은 상관계수를 나타내었으나, 동일 물리량의 음원에 대해서는 loudness와 sharpness가 높은 상관성을 보였다. 음질 파라미터 중 성가심과 가장 큰 상관성을 가지는 것은 loudness이며 loudness는 등청감곡선에서 1000Hz의 주파수 성분을 기준으로 하여 소리의 크기를 나타내는 단위이다. 그러므로 등청감곡선에서 인간이 민감하게 반응하는 주파수 대역 부근(1KHz~4KHz)에 대한 저감대책을 마련하는 것이 승강장 소음의 성가심을 개선하는데 효과적인 방법이 될 수 있을 것이다.

4. 결론

본 연구는 도시철도 승강장 소음의 성가심 반응에 대해 알아보기 위해 6개 지점 역사를 선정하여 승강장 소음을 측정하였으며, 측정한 소음을 이용하여 청감실험을 실시하였다. 그리고 승강장 소음 성가심 반응에 영향을 주는 인자들을 파악하기 위해 평가원들의 개개인의 차이에 따른 성가심 반응의 차이, 음질 파라미터와 성가심 반응의 상관관계에 대해 알아보았다.

청감실험 결과, 진입시에는 64.6~70.3dBA 사이, 진출시에는 65.5~70.5dBA에서 보통 성가심을 느끼고, 진입시 73.8~78.0dBA에서, 진출시에는 74.9~77.9dBA에서 높은 성가심을 느끼는 것으로 나타났다. 그리고 동일한 음압레벨끼리 비교했을 경우에는 스크린도어가 설치된 승강장이 성가심이 낮은 것으로 나타났다. 즉, 스크린도어는 승강장 소음 저감에 효율적이라고 할 수 있다.

승강장 소음의 성가심 반응에 영향을 미치는 인자들 중 평가원 개개인의 성향에 대해 분석한 결과, 남자가 여자에 비해, 이어폰 또는 헤드폰을 오래 착용하는 사람이 그렇지 않은 사람에 비해 더욱 높은 %HA를 나타냈다. 본 연구에서는 도시철도 승강장 소음에 대해 남자, 이어폰/헤드폰 착용자가 더 민감하다는 것을 보여준다.

또한, 음질 파라미터들을 분석한 결과, 승강장 소음의 성가심 반응에 영향을 주는 것은 loudness와 roughness로 조사되었다. 이것은 승강장 소음의 성가심이 인간이 민감하게 반응하는 1000Hz~4000Hz 부근의 주파수 대역에서의 소음도와 관련이 있음을 보여준다.

후 기

이 연구는 철도기술연구원 위탁과제 “도시철도 시설물 소음기준(안) 제정을 위한 기초연구”의 수행으로 얻어진 결과이며, 이에 관계자 여러분 및 서울메트로의 협조에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) Norm Otto, et., al, 2001, "Guidelines for Jury Evaluations of Automotive Sounds", Journal of Sound and Vibration, SAE Paper, 1999-01-1822
- (2) Beranek, 1989, "Balanced noise-criterion(NCB) curves", Journal of Acoustical Society of America, vol. 86(2), pp.650-664
- (3) Jeong, K. Y. and Kim, S. W., 2000, "Psychological Effect Factor of Environmental Noise", Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering. Vol. 10, No. 3, pp. 395
- (4) Job, R.F.S., 1999, "Noise sensitivity as a factor influencing human
- (5) Fastl. H, Zwicker. E, 2007, "Psycho Acoustics", Springer, pp 239~241
- (6) Namba. S., 1994, "Noise-Quantity and Quality", Proceedings of Inter · Noise 94