

도로교통소음의 주파수에 따른 불쾌도 민감도 연구

Study of the Annoyance Sensitivity for the Frequency Band of Road Traffic Noise

허 덕 재* · 조 경 숙* · 황 대 선* · 조 연*

Deog-Jae Hur, Kyoung-Sook Jo, Dae-Sun Hwang and Yeon Cho

(2007년 1월 11일 접수 ; 2007년 4월 26일 심사완료)

Key Words : Road Traffic Noise(도로교통소음), Annoyance(불쾌도), Sound Quality Evaluations(음질 평가), Sound Quality Metrics(음질 물리량), Frequency(주파수)

ABSTRACT

In this study, the sensitivity of annoyance was investigated by the subjective jury test for the variations of the frequency components along with various sound pressure levels of sixteen environmental noise sources. Annoyance was, also, evaluated for the road traffic noises. Sound pressure levels were 54~84 dB which individually divided frequency components with eight bands of equally three bark bands. The results show that vehicle traffic noise is recognized as the most serious environment noise source. The sensitivity of human perception of annoyance in frequency bands is quite different from A-weighting curve. The annoyance found out to be more sensitive in high frequency region and reached its maximum in 3.4 kHz.

1. 서 론

소득 수준의 향상으로 삶의 질이 향상되고 쾌적한 환경조성에 대한 기대감이 증가함에 따라, 거주지의 조성은 점차 삶의 질을 높이는 방향으로 이루어지고 있다. 그러나 거주환경을 개선하기 위한 다각도의 노력에도 불구하고 소음에 의한 분쟁과 민원은 끊임없이 제기되고 있다. 특히 생활 속에 상시 노출되어 있는 교통시설과 관련된 소음은 교통수단이 증가하고 거주지와 근접한 이유로 끊임없이 문제가 제기되고 있다. 따라서 주거환경을 개선하기 위하여 교통소음에 대한 환경대책 마련이 시급히 요구되고 있다.

소음에 대한 인간의 감성은 소음크기만으로 양적

인 크기가 결정되는 것이 아니며, 음원의 물리적인 특성(음색, 고저 등), 소음유형(자연소음, 음악, 언어, 산업소음, 교통소음 등), 소음발생시점(휴식기간, 의식집중상태, 수면상태, 작업상태), 그리고 개인적 소음 민감도 및 친숙성에 따라 수음자의 반응은 상이하게 나타난다. 따라서 인간의 주관적인 감성특성을 고찰하고 정량화하기 위한 연구가 많이 수행되고 있으나, 실험적 연구가 주를 이루고 있으며 물리적인 반응으로부터 작업환경의 방해 등을 연구하거나 환경소음을 분류하고 평가의 척도를 구성하는 것이 주를 이루고 있다⁽¹⁻³⁾. 국내에서도 주거환경, 사무실 그리고 교통소음에 대한 감성 연구가 진행되고 있으나 dBA와 같은 소리의 크기에 대한 물리량을 기준으로 연구가 수행되고 있다⁽⁴⁻⁶⁾. 또한 최근에는 환경소음에 대하여 물리적인 반응뿐만 아니라 감성 특성을 고려한 연구가 활발히 진행되고 있으나 이들 또한 dBA나 LAeq의 물리량을 근간으로 하는 연구가 많다. 한편 1934년 Fletcher는 팀버를 서로 다른 음

† 교신저자 : 정희원, 고등기술연구원 제품기술연구센터 NVH&Design팀
E-mail : djhur@iae.re.kr
Tel : (031) 330-7436, Fax : (031) 330-7116

* 정희원, 고등기술연구원 제품기술연구센터

원에 의하여 서로 다른 인지의 표현으로 사용할 수 있을 뿐만 아니라 같은 음에 대하여도 표현할 수 있다고 주장하였다⁽⁷⁾.

일반적인 환경소음 평가 단위는 음압레벨(sound pressure level)과 등가소음레벨(LAeq)이 많이 사용되고 있다. 그러나 사람이 지각하는 소리의 크기는 주파수에 따라 차이가 있으며 선형적으로 느끼지 않기 때문에, 단순히 물리적인 음압으로 표현하지 못하는 경우가 많다. 따라서 이러한 감각적 특성을 반영하여 1,000 Hz 순음을 기준으로 각 주파수별 동일한 크기로 지각되는 레벨을 그래프로 나타낸 등청감곡선이 제안되었다. 그러나 음압레벨이나 소음레벨은 간단한 개념의 청감보정에 대한 평가 단위이므로 복잡한 사람의 청감을 반영하기에는 매우 부족하다. 특히 환경소음과 같이 배출원에 따라 소음 특성이 달라지고 평가 대상이 다양한 경우 확실적인 평가방법으로 수음자의 피해를 예측하는 것은 문제점이 많다. 뿐만 아니라 현행 소음평가체계 역시 소음의 크기레벨을 기준으로 등급화 되어 있어서 다양한 환경소음의 특성과 인간의 감성을 반영할 수 있는 소음평가법의 적정성에 대한 문제점을 안고 있다. 따라서 다양한 음질평가 방법을 통하여 인간의 감성을 반영한 음질평가를 수행하여 활용할 필요성이 높아지고 있다.

이 연구에서는 관심이 높은 다양한 환경소음원에 대한 인식조사를 수행하고 이를 바탕으로 인식도가 높게 평가된 도로교통소음을 대상으로 음질평가를 수행하여 감성을 고려한 음질평가 기준을 확립하는데 필요할 것으로 판단되는 기초적 연구를 수행하였다. 특히 다양한 물리적 환경요인 중에서 주파수 변화에 따른 불쾌도 변화를 고찰하였으며, 주파수에 따른 라우드니스 감성을 표현하는 A특성 청감보정곡선과 비교하였다. 따라서 도로교통소음에 대한 불쾌감과 라우드니스와의 상대적 특성을 비교 검토하였다.

2. 소음측정 및 평가

도로교통소음은 소음 발생지역의 주변 환경 및 소음 전달 특성을 고려하여 도로교통소음과 도심교통소음으로 세분하여 측정하였다. 도로교통소음은 주변 건물에 의한 소음 반사 영향이 적으며, 고속도로

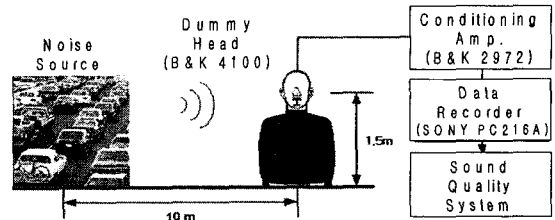


Fig. 1 Measurement system set-up of sound source

Table 1 Measurement and analyse devices

Measurement Devices	Application
Dummy Head(B&K 4100)	Sound measurement
Conditioning Amp.(B&K 2972)	Signal amplification
DAT Recorder(SONY PC216A)	Signal recording
Piston Phone(B&K 4231)	Calibration
Sound Quality 3.7.5(MTS)	Analysis & playback

및 국도 등과 같은 개활지에서 측정된 소음이다. 또한 도심교통소음은 주거 및 상업지역 등 거주지와 밀접한 지역 내에서 배경소음이 높고 도로주변의 건물에 의한 소음 반사 영향이 큰 도로상에서 측정된 소음으로 정의하였다. 소음 측정은 차량 소음이 원활하고 교통량이 일정한 지역을 선정하여 양쪽 귀의 (binaural) 특성이 반영되도록 입체음향을 녹음하였다. Fig. 1의 측정개요도와 같이 소음원로부터 10 m 거리의 수직높이 1.5 m 위치에 더미헤드를 놓고 측정하였다. 도로교통소음을 제외한 나머지 소음도 이와 동일한 방법으로 측정하였다. 시험에 사용된 측정 장비는 Table 1에 정리하였다.

3. 환경소음 대표성에 대한 의식 조사

3.1 조사 방법 및 내용

중요하다고 생각되는 다양한 환경소음에 대하여 사람들이 어떻게 인식하고 있는지를 알아보기 위하여 환경소음의 유해성 및 불쾌도를 고려한 환경소음 의식을 조사하였다. 조사 대상 음원은 음향학회지 제 25권 제 3호의 음질특성을 고려한 환경소음 분류결과를 참고하여, 군집분류표의 제 3군집 음원 16 개 소음을 대상으로 하였다⁽⁸⁾.

의식 조사는 소음을 듣고 노출된 경험을 바탕으로 유해성 및 불쾌감을 유발시키는 대표적 환경소음을

선택하도록 하였다. 소음 선택은 4개 이하의 범위에서 자유롭게 선택할 수 있게 하였다. 그리고 조사 결과는 빈도 분석을 수행하여 평가특점을 비교하였다. 환경소음 의식조사 대상자는 환경소음 관련 업무자 4인과 주관적 평가의 편양성을 배제하기 위하여 일반인 19명을 대상으로 조사하였다. Table 2는 조사대상 소음원으로, 공장소음원, 교통소음원, 기계소음원, 그리고 기타 생활환경소음원으로 배출원별로 분류하였다.

3.2 의식조사 결과 및 분석

환경소음의 음질 물리량과 의식조사 결과를 비교하였다. Fig. 2는 조사대상소음원의 음압레벨(dB)과 A특성 청감 보정치 소음레벨(dBA)을 나타낸 것이다. 생활환경소음을 제외한 소음원의 음압레벨은 약 70~80 dB이고, 배출원별 소음 수준을 비교한 결과

Table 2 Category of environmental noise sources

Factory noise source	Machinery noise source
Power generator Ventilation system Metal former	Vending machine Building service facility
Traffic noise source	Others noise source
Traffic noise - Road in rural - In city Vehicle pass by - Small scale vehicle - Midium scale vehicle - Large scale vehicle	Copying machine, Computer Fax machine Air conditioner indoor Air conditioner outdoor Washing machine

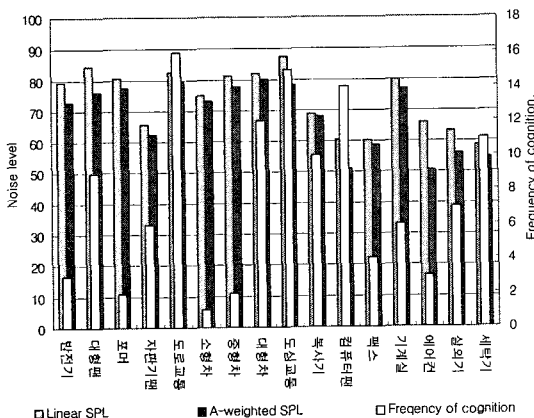


Fig. 2 Comparison of noise level and serious cognition for the environmental noises

‘교통소음원>공장소음원>기계소음원>기타생활소음’ 순으로 나타났다. 즉, 교통소음원의 도심교통소음 레벨이 가장 높고, 주거 및 사무실과 같은 실내에서 발생하는 생활환경소음은 비교적 낮은 것으로 조사되었다.

Fig. 2는 환경소음 대표성에 대한 의식조사 결과와 배출원의 소음 수준을 나타내었다. 오른쪽 세로축은 각 음원에 대한 선택횟수로 막대의 높이가 높을수록 환경소음으로 인식도가 높다고 볼 수 있다. 이는 소음레벨과 다르게 배출원별 각 음원에 대한 의식 편차가 심하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

조사 결과, 인식도는 도로 및 도심에서 발생하는 교통소음을 환경 소음원으로 높게 인식하고 있었다. 그러나 대형차량과 중형차량의 주행소음도가 유사한 수준인 것에 비하여 중형차 주행소음은 환경소음으로 인식도가 낮게 조사되었다. 대형차량의 경우 중 소형 차량보다 위압감이 상대적으로 높고, 중 소형 차량 대부분이 자가 운행의 수단으로 사용되고 있는 것으로 볼 때, 이러한 주관적 요인들이 소음 영향 평가에 영향을 미친 것으로 판단된다. 그리고 컴퓨터와 복사기, 세탁기 소음은 60 dB 내외로 조사대상 소음원중 음압레벨이 가장 낮은 소음이다. 그러나 대형차량과 포머(압출성형기)와 같은 공장소음보다 환경소음으로 인식 정도가 높게 평가되었다. 따라서 환경소음을 인지하는 중요한 평가 요인으로 소음원의 크기보다는 수음자의 경험 빈도 및 주관적인 불쾌도가 더 크게 작용하고 있음을 예측할 수 있다.

이상의 결과로부터, 소음에 대한 인식도가 높게 나타난 도로교통소음을 우선적으로 제어하는 것은 쾌적한 음환경 개선에 가장 효과적인 것으로 기대된다. 따라서 주파수에 따른 음질평가의 대상을 도로 교통소음으로 선정하였다.

4. 도로교통소음의 음질에 대한 주관평가

도로교통소음의 특성 및 물리적인 영향을 분석하고, 주파수 성분 변화에 따른 불쾌도 반응을 고찰하여 교통소음 특성을 연구하였다. 평가결과는 군집분석법을 통해 평가자의 신뢰도를 검증하고, 신뢰도 평가자 군집에 대하여 weighting 구간별 불쾌도 점수를 비교분석하였다.

4.1 평가 대상자

정상청력을 지닌 평가자를 선정하기 위하여 청력 검사를 수행하였으며 20~30대 남녀 43명을 선정하였다. 청력의 정상/비정상 기준은 산업안전보건법 규정의 순음청력검사지침에 의거하였다. 즉, 회화음역에 속하는 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz의 기도 청력 역치의 평균치를 통해 청력 손실(Hearing loss) 유무를 평가하였다. 정상 청력의 기준치는 25 dB 이며, 그 이상일 경우 난청으로 판단하였다. 음원 자극은 상승법과 하강법을 병행하여 5 dB 단위로 강도를 조절하였다. 정상 청력자 43명 중 37명만이 평가에 참여 하였다.

평가결과는 군집분석 방법으로 평가자들을 그룹화하여, 데이터의 구조를 이해하고 집단의 성격을 파악하였다. 군집분석은 워드의 최소분산법을 사용하여 SPSS 11.0으로 분석하였다. Fig. 3은 불쾌도 응답 데이터를 기준으로 평가자들을 군집분석한 결과이다. 군집간 거리 15를 기준으로 세 개의 군집으로 구분할 수 있다. 그 중 그룹의 크기가 가장 큰 평가자그룹(신뢰도평가자)을 결과 분석 대상자에 포함시키고 나머지 두 개 그룹에 속한 평가자들을 특성이 다른 평가자로 분류하였다. 따라서 7명의 평가자를

제외한 30명의 평가 결과를 분석하였다.

4.2 평가 음원의 구성

음질평가 음원은 8초로 샘플링된 도로교통소음을 정폭형 필터로 보고 바크(bark) 단위를 기준으로 8개 대역으로 나누었다. 그리고 각 대역의 범위에 맞는 밴드패스 필터를 거쳐 주파수 대역별 음원을 제작하였다. 이렇게 각각 생성된 음원을 54 dB부터 84 dB까지 6 dB 간격으로 음압레벨을 편집하였다. 따라서 8개 주파수대역의 6단계 음압레벨로 총 48개 음원을 제작하였으며, Fig. 4는 음원편집 방법을 보여 준다. 각 밴드는 해당 대역의 중심주파수로 나타내고 주파수 범위 및 내용을 Table 3에 정리하였다. 그리고 상대적 비교를 위하여 1 kHz 66 dB 순음(pure tone)을 기준음원으로 사용하였다. 기준음의 불쾌도의 크기는 전체음원을 들려주고 66 dB 1 kHz 순음을 평가하여 기준을 선정하였다. 그 이후 이 기준음의 평가에 대한 쌍대비교에 의하여 상대적인 느낌을 표현할 수 있게 하였다. 기준음원을 계속 들려주는 것은 기준음원에 대한 감각적 느낌을 확인시켜 주기 위한 것으로써 평가 시간이 지속되면서 평가자의 청감이 변화되는 것을 최소화 할 수 있다.

..... HIERARCHICAL CLUSTER ANALYSIS

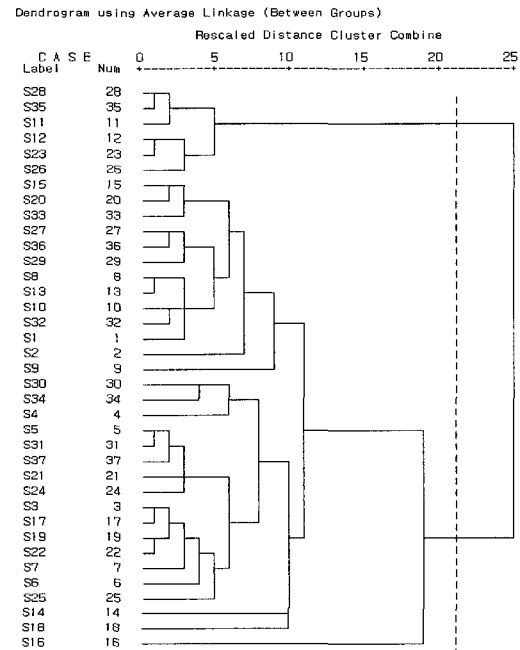


Fig. 3 Result of the cluster analysis

4.3 평가 방법

음질평가 청음실의 배경소음은 약 35 dB 수준이고, 1회 평가 인원은 최대 8명으로 제한하여 정온한



Fig. 4 Making process of noise source

Table 3 Mean value of annoyance for traffic noise

Band	Center Freq(Hz)	Annoyance	
		Road traffic	City traffic
1	150	36.9	32.4
2	450	42.9	41.1
3	840	41.2	38.5
4	1,370	42.5	36.3
5	2,150	48.3	44.0
6	3,400	49.8	47.7
7	5,800	49.7	43.4
8	10,500	54.8	50.2

청음환경을 조성하였다. 평가는 음질평가 시스템을 통해 음원제시 순서 및 시간 등을 통제하고, 헤드폰을 사용하여 평가자 전원이 동일한 음원을 청취할 수 있도록 구성하였다.

헤드폰, 재생기기, 그리고 헤드폰과 사람 귀 사이의 음장에 따라 음이 왜곡될 가능성을 최소화하기 위하여 음원 청취 시스템의 각 채널과 헤드폰의 음향적 특성을 다음과 같은 방식으로 보정하였다. 즉, MTS/Sound Quality S/W를 사용하여 B&K 토로소, 헤드셋, 앰프, 플레이어에 이루어진 두귀(binaural) 시스템 교정(calibration)을 수행 하였다. 그리고 사용한 헤드셋은 오픈 셀구조의 헤드폰(SENNHESER H650 Model)을 사용하였다.

도로교통소음의 주파수에 따른 음압별 불쾌도는 기준음원과 4.2에서 제작한 48개 음원을 평가하였다. 음원제시 방법 및 순서는 기준음원을 들려주고, 한 개 밴드의 음압별 6개 음원을 랜덤하게 들려주었다. 그리고 동일한 기준음원을 다시 들려주고 그 다음 밴드의 음압별 6개 음원을 랜덤하게 들려주는 방식으로 평가하였다.

5. 시험 결과

다음은 일관된 성향을 나타낸 군집의 평가자 30명에 대하여 다양한 음압수준에서 주파수 변화에 따른 불쾌도 값을 분석하였다. Fig. 5과 Fig. 6은 교통소음의 주파수에 대한 불쾌도 응답 평균값을 나타낸 것이다. 그리고 1kHz 기준음원의 불쾌도는 46.4점

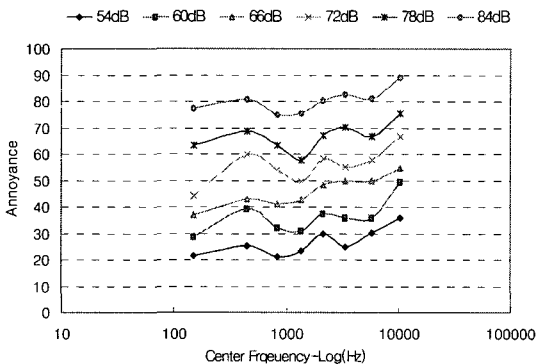


Fig. 5 Annoyance to noise levels about the road traffic noise(reference sound : 66 dB 1kHz puretone - annoyance 46.4)

으로 나타났다. 그림의 x축 값은 Table 3의 주파수 대역 중심주파수에 대한 로그로 나타냈다. 분석 결과, 도로교통소음과 도심교통소음의 주파수 밴드폭에 대한 불쾌도 경향은 유사한 경향으로 평가되었다. 그리고 음압레벨이 증가할수록 소음에 대한 불쾌도는 증가되었으며, 음압이 증가하더라도 주파수 밴드에 대한 불쾌도 경향은 유사하게 나타났다.

Fig. 7은 기준음원(1 kHz 66 dB 순음)과 도로교통소음 불쾌도를 비교하였다. 도로교통소음의 음압레벨은 기준음원과 동일한 66 dB이고 주파수 대역을 갖고 있는 주파수 대역음을 평가한 결과이다. 기준음원과 도로교통소음의 불쾌도를 비교한 결과, 기준음원의 불쾌도가 두 개의 교통소음원보다 높게 위치하고 있음을 알 수 있다. 즉, 동일한 음압레벨의 소음일 경우 단순음이 주파수 대역음에 비하여 불쾌도

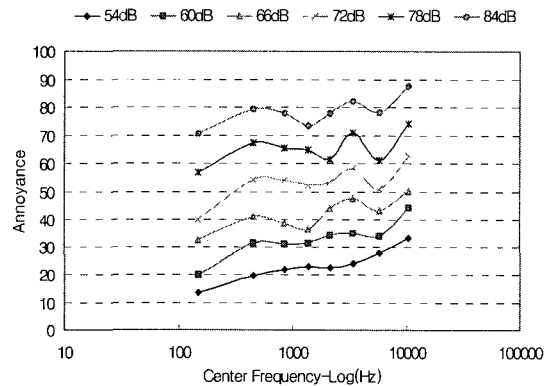


Fig. 6 Annoyance to noise levels about the city traffic noise(reference sound : 66 dB 1kHz puretone - annoyance 46.4)

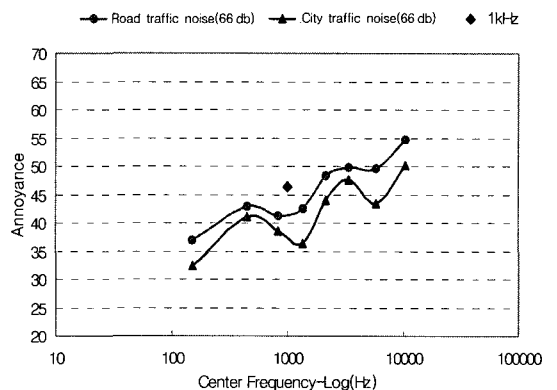
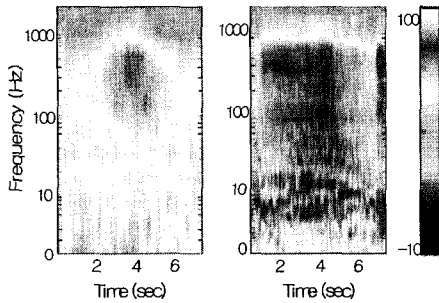


Fig. 7 Annoyance of the road and city traffic noise



(a) Road traffic noise (b) City traffic noise

Fig. 8 Spectrum distribution of the road and city traffic noise

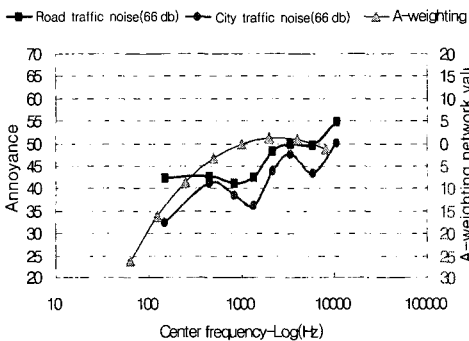


Fig. 9 A-weighting curve and annoyance of the traffic noise

가 높게 평가될 수 있음을 예측할 수 있다.

그리고 도로교통소음과 도심교통소음을 비교한 결과, 도심교통소음보다는 도로교통소음에 대한 불쾌도가 더 높게 평가되었다. 이는 두 소음원에서 주소음원의 구성비율의 차이로서 도로교통소음의 경우 차량 주행소음이 주소음원을 이루고 있는 반면 도심교통소음의 경우 주행소음 뿐만 아니라 반사음과 기타 소음 등으로 구성되어 있다. 따라서 Fig. 8에서 나타난바와 같이 도심교통소음에 비하여 도로교통소음의 주파수 대역내의 크기 분포가 고른 성분이 상대적으로 적게 포함되어 단조로운 음에 가까운 특성을 가지고 있어 나타난 현상으로 추정할 수 있다.

또한 동일한 소음배출원에 대하여 일부 구간에서 기록이 관찰되었으나 두 소음 모두 고주파로 갈수록 불쾌도가 상승되는 것으로 평가되었다.

Fig. 9는 A특성 청감보정곡선과 Fig. 7의 66 dB 불쾌도 곡선을 비교하였다. 등청감곡선에서 보면 인간의 청감은 2~5 kHz 이하의 주파수 대역에 대해서

는 주파수가 낮아질수록 소음크기에 대한 민감도가 낮아지게 되므로, 이러한 청감특성을 보정하여 A특성 청감보정곡선을 사용하고 있다. 그러나 불쾌도에 대한 민감도를 보면, 2~4 kHz를 기준으로 주파수 밴드가 변함에 따라 불쾌도 감성에 기록이 생기는 것을 알 수 있다. 특히 교통소음의 경우 중심주파수 840 Hz와 1,370 Hz에서의 불쾌도는 상대적으로 낮게 평가되는 것으로 나타나고 있다. 그리고 6,000 Hz 부근의 불쾌도 역시 낮게 평가되었다. 반면에 중심주파수 450 Hz 부근에서 매우 높게 반응하고, 저주파 대역에 대한 민감도가 라우드니스 민감도에 비해 높은 것으로 나타났다.

따라서 불쾌도 감성은 동일한 크기의 소음이라도 주파수 특성에 따라 불쾌도가 다르게 평가되며, 소음크기에 대한 감각과 다르게 인식된다는 것을 알 수 있다. Fig. 9에서와 같이 크기의 인지에 대한 보정치 A특성 청감보정 곡선과 상이한 결과를 얻고 있어 소음크기인 라우드니스로 소음에 대한 감성적 평가를 할 경우, 소음의 주파수 성분 구성 비율에 따라 수음자의 감성이 고려되지 못 할 수도 있음을 암시하고 있다.

6. 결 론

이 연구에서는 중요하게 생각되는 다양한 환경소음에 대한 인식조사와 다양한 주파수 대역을 포함하고 있는 교통소음의 주파수 특성 변화에 따른 불쾌도 감성변화를 고찰하였으며 다음과 같이 정리하였다.

(1) 환경소음에 대한 의식조사 결과, 인지도가 높은 환경소음으로 교통소음이 나타나고 있었음을 알 수 있었다. 그리고 환경소음을 인지하는 중요한 평가 요인으로 소음원의 크기보다는 경험의 빈도 및 주관적인 불쾌도가 많은 영향을 미치는 것으로 조사되었다.

(2) 주파수 성분 변화에 따른 불쾌도 감성변화 평가 결과, 고주파 대역으로 갈수록 불쾌도가 높게 평가되었으며, 주파수 성분이 단조로울수록 불쾌도 반응은 더 높게 평가 되었다. 또한 불쾌도 평가곡선은 840 Hz, 1,350 Hz 대역에서 민감도가 낮게 나타나고 있음을 알 수 있다.

(3) 불쾌도 감성에 대한 평가곡선은 소음크기에

대한 A특성 청감보정 곡선과 달리 고주파 대역에서 불쾌도 민감도가 지속적으로 상승되고 있음을 알 수 있었다.

(4) 이 연구를 기초로 하여 교통소음에 대한 주파수별 불쾌도 감성을 고려한 평가로 물적 파라미터와의 관계 규명 등 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것으로 사료된다.

후 기

이 연구는 환경기술진흥원의 2003년 정온한 생활 환경 조성을 위한 차세대핵심환경 기술 개발사업 과제 지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

(1) Willy Passchier-Vermeer and Wim F. Passchier, 2000, "Noise Exposure and Public Health", Environmental Health Perspectives, Vol. 108, No. 1, pp. 123~131.

(2) Shing Tet Leong and Laortanakul Preecha, 2003, "Monitoring and Assessment of Daily Exposure of Roadside Workers to Traffic Noise", Journal Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 85, No. 1, pp. 69~85.

(3) Wolfgang Babisch, Bernd Beule, Marianne Schust, Norbert Kersten, and Hartmut Ising, 2005, "Traffic Noise and Risk of Myocardial

Infarction", Epidemiology, Vol. 16, No. 1, pp 33~40.

(4) Han, M. H., 1994, "A Study on the Psychological Attributes of Noise and its Evaluation", collection of Seonam University, pp. 565~577.

(5) Jeon, J. Y. and Ruy, J. K., 2006, "A Combined Rating System for Multiple Noises in Residential Buildings", Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 15, No. 10, pp. 1005~1013.

(6) Kim, S. W., Lee, J. Y., Song, M. J., Jang, G. S., 2005, "A Study on the Indoor Noise Limits of Apartment Houses from the Road Traffic Noise", The Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 15, No. 9, pp 1084~1091.

(7) Fletcher, H., 1934, "Loudness, Pitch and Timbre of Noise of Musical Tones and Their Relations to the Intensity, the Frequency and the Overtone Structure", The Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 6, pp. 59~69.

(8) Hur, D. J., Jo, K. S., Cho, Y., Hwang, D. S., 2006, "A Study of the Sound Quality Characteristics for Environmental Noise Assessments Parameters", The Journal of the Acoustical Society of Korea, Vol. 25, No. 7, pp. 129~136.