

# 도시 소녹지공간 어메니티 증진을 위한 교통소음 Masking Models 개발에 관한 연구

안득수\* · 정태섭\*\* · 박영민\*\*\*

\*전북대학교 조경학과 · \*\*전북대학교 토목환경공학부

\*\*\*한국환경정책·평가연구원 환경영향평가부

## A Study on the Development of Masking Models for the Improvement of Amenity at Urban Small Green Spaces

Ahn, Deug-Soo\* · Jeong, Tae-Seop\*\* · Park, Young-Min\*\*\*

\*Dept. of Landscape Architecture, Chonbuk National Univ.

\*\*Faculty of Civil and Environmental Eng., Chonbuk National Univ.

\*\*\*EIA Division, Korean Environment Institute

### ABSTRACT

The primary objective of this research was to develop optimal models for masking the road traffic noise with the sound of a waterfall at urban small green spaces. Noise levels were measured at 8 roadside green spaces in Seoul and questionnaires were randomly distributed to 40 users for evaluating the noise at each site at the same time. College students participated in the experiment for the development of masking models and the developed models were tested by users at 2 green spaces.

The major results are as follows ;

1. Traffic noises ranged from 65dB to 70dB. Users' satisfaction with the noise became considerably low on the basis of 60dB and it was highly related to noise level.
2. Noise was a main factor to depreciate the amenity of green spaces where its level was more than 60dB and so it needs to be excluded or reduced the traffic noise at the process of design.
3. Masking effects kept constant independent of the spatial location of masker on condition that

masker levels were equal. It was effective when masker was 5-10dB greater than noise level which was masked.

4. As noise level went up, satisfaction ratings about the masked noise became low but masking effects increased in proportion to its level.
5. It was proved that the models were valid through the field experiment.

*Key Words : Amenity, Traffic Noise, Masking Effects, Masking Model, Green Space*

## I. 서론

오늘날의 도시는 산업화 및 도시화로 야기되어진 여러 가지 환경공해로 인하여 커다란 위기에 직면해 있다. 대기오염, 수질오염, 토양오염 등의 폐해는 날로 심각해지고 있으며 그 동안 '보이지 않는 공해 (invisible pollution)'라 하여 여타의 공해보다 인식이 낮았던 소음공해도 그 심각성이 증대됨에 따라 이에 대한 인식이 크게 변하고 있다.

소음은 대화, 작업, 휴식, 수면 등 일상생활을 방해할 뿐만 아니라 청각장애, 기타의 신체 및 정신건강 장애와 인간의 사회적 행태에도 영향을 준다. 소음의 노출량이 클수록 영향도 크고 집단내에서의 피해율도 높아지는데 이러한 소음의 불쾌도 특성 (annoyance characteristics)에는 소음의 크기, 예측성 및 지각적 통제 등 3가지 주요 요소가 영향을 미친다. (Bell, 1978)

소음공해를 배출하는 소음원은 다양하지만 대도시의 경우 자동차의 증가와 도로망의 발달로 인하여 도로교통소음이 도시 전체에 미치는 영향은 더욱더 커지고 있으며 특히 도시 간선도로변의 소음공해는 자동차 운행속도 및 교통량 증가로 여타의 도로변보다 심각한 상태이다. 따라서 교통소음이 도로변 녹지공간의 질을 떨어뜨리는 주된 요소가 될 수 있다. 이러한 소음의 감쇠에는 기본적으로 두 가지가 있는데 첫째는 거리에 의한 정상적인 감쇠 (normal attenuation)이고 둘째는 소음원과 수용자 사이에 방음벽을 설치하거나 방음식재를 함으로써 생기는 감쇠 (excess attenuation)이다. 그리고 소음을 저감시키는 또 하나의 대안적인 것으로 마스킹 (masking) 하는 방법이 있다.

도심지에 조성되는 쌈지공원과 같은 소공원이나 오피스빌딩 주변의 소녹지공간은 면적이 협소하여 방음

을 위한 수림대를 조성한다는 것이 쉬운 문제가 아니며 방음벽의 설치 또한 도시경관적 측면에서 문제가 제기될 수 있다. 이러한 이유로 대로변의 소녹지는 교통소음에 그대로 노출되어 있는 상태이며 적절한 대처능력의 부족으로 존재효과에 비하여 이용효과가 상대적으로 낮은 상태에 있는 것이 현실이다.

따라서 물의 음향을 마스커 (masker)로 이용하여 교통소음을 마스킹함으로써 보다 쾌적한 공간을 창출하는 것은 매우 매력적인 대안이 될 수 있을 것이다.

본 연구는 첫째, 도시 도로변에 위치한 녹지공간의 교통소음을 조사하고 둘째, 이용자의 평가를 통하여 교통소음에 대한 만족정도 및 소음만족도와 녹지공간 이용만족도간의 상관성을 규명하며 셋째, 물이라는 물리적 요소로 연출한 음향을 이용하여 교통소음 정도별 최적의 마스킹 모델을 개발하는데 목적이 있다.

## II. 연구사 및 이론적 배경

### 1. 연구사

소음에 관한 연구는 국내·외에서 다양하게 이루어져 왔다. 옥외공간에서 소음이 인간에게 미치는 영향에 관한 연구로 Anderson *et al.* (1983)은 자연지역과 주거지역의 경관질 향상에 미치는 음의 종류가 동일하지 않다는 것을 발견하고 시각적, 청각적 특성의 상호작용이 옥외환경의 평가에 중요한 요소임을 지적하였다. 三澤과 濟藤 (1985)은 수목의 소음에 대한 심리적 감음효과에 관한 실험적 연구를 실시하였으며 Mulligan *et al.* (1987)은 환경적 요소에 의한 음의 증대 및 마스킹이라는 연구에서 수목처럼 옥외공간에서 시각적으로 우세한 요소들이 음의 지각에

미치는 영향을 조사하였다. Claude *et al.* (1991)은 근린주구에서 발생하는 소음이 주민의 불쾌감에 미치는 정도와 소음을 발생시키는 자에 대한 주민의 반응을 연구하였다.

방음벽에 관한 연구로는 Maekawa (1968), Kurze & Anderson (1971), Aylor & Marks (1976)의 연구가 있으며 지표에 의한 소음감쇠 효과에 대해서는 Aylor (1972)의 연구가 있다.

또한 식생에 의한 소음감쇠 효과에 대해서도 활발한 연구가 이루어져 Embleton *et al.* (1976)은 엽면적, 줄기의 직경 및 밀도 등의 조건을 분리하여 각각의 변수에 의한 영향을 조사하였으며 Carlson *et al.* (1977)은 수림대와 초지의 소음감쇠 정도를 비교하였다. Kragh (1979)는 케도소음에 대한 수벽의 감쇠효과에 대한 연구에서 교목과 관목으로 구성된 수림대가 실질적인 소음감쇠 효과가 있다고 보고하였고 Stephen (1979)은 가지와 침엽의 공명을 통하여 스트로브잣나무 (*Pinus strobus*)의 소음흡수를 연구하였다. Martens (1980)은 식생을 통한 소음의 투과율에 대한 잎의 영향을 조사하기 위한 실험에서 고주파수대 영역의 소음에서 잎의 소음제어는 매우 효과적이라고 결론지었으며 Fricke (1984)는 소나무림에서 실시한 실험에서 소음의 흡음은 고주파수 대역에서는 수간의 형태에 따른 산란에 의해 영향을 받고 있음을 확인하였다. Price *et al.* (1986)은 동일한 수림대에서 여름보다 겨울에 저주파수대역에서 최대경감이 약간 더 높은 주파수에서 발생한다는 것을 발견하고 그 변화는 토양함수율의 변화와 식생의 토양연화효과 때문으로 해석하였다.

식생에 의한 소음감쇠 효과에 대한 국내의 연구로 Kim *et al.* (1989a, 1989b)은 방음을 위한 수벽으로는 잎이 넓은 사철나무 (*Euonymus japonica*)보다 침엽수종인 측백나무 (*Thuja orientalis*)가 소음경감 효과가 뛰어나며 또한 초지, 순림 및 혼효림을 비교하여 연구한 결과, 순림보다는 혼효림의 소음경감 효과가 높다고 보고하였다. 국 등 (1990)은 여러 수종의 조경수를 이용하여 도로교통소음의 감쇠기능에 관한 연구를 수행하였으며, 김 (1993)은 소음경감의 효과를 증대시키기 위해서는 관목림 다음에 교목을 식재하여 소음의 회절을 막는 다단림이 이상적이라는 연구결과를 발표하였다. 홍 (1994)은 수벽의 소음방지 효과에

관한 연구에서 실험대상 수종 중 가시나무 (*Quercus myrsinaefolia*)가 뛰어난 경감효과를 보였다고 결론지었다.

음경관 (soundscape)에 관한 연구로는 杉本 등 (1989, 1990)이 경관에 음을 배려한 디자인을 도입할 경우 어떠한 방법론이 필요한가에 대한 검토와 함께 현황음에 대한 인간의 인식정도 및 현황음의 관계정도 영역에 대해서 연구하였고 경관에 음을 도입할 경우 전제가 되는 공간영역의 설정문제 및 음도입을 위한 각 공간의 제특성에 대해서 고찰하였다. 金 등 (1991)은 음경관과 도시공간의 관계에 대한 검토에서 음을 배려한 보다 쾌적한 도시공간, 개성있는 도시공간의 창출을 목표로 할 경우 도시 특유의 문화, 전통 그리고 자연을 기초로한 음을 보존하고 음과 도시공간과의 관계를 기초로한 음의 연출에 관한 프로그램을 수립할 필요성을 제시하였다.

수경공간의 청각적 연출과 관련된 연구로 정과 박 (1990)은 자연폭포의 구조와 청각적 특성의 관계분석을 통하여 폭포 조성에 관한 합리적 구조설계 이론을 제시하면서 폭포 물소리가 인간이 감지하기 쉬운 소음에 대한 마스커로서 매우 양호하다는 것을 지적하였다. 中村 (1993)은 친수공원의 인공수로와 자연수로의 유수음, 유수형태를 측정하고 이들의 유사성과 상위점을 비교검토하여 변화가 풍부한 유수형태와 유수음을 디자인 할 경우, 결정요소에는 공통성이 있으며 유량의 대소에 관계없이 창출이 가능하다고 보고하였다.

이상의 연구동향을 살펴보면 경관의 선호도에 미치는 소음의 영향, 방음벽과 식생의 소음감쇠 기능, 음경관 설계, 물요소의 청각적 특성 등 각각의 부분에서는 다양한 연구가 이루어졌으나 도시 도로변 녹지공간의 소음실태분석 및 이용자의 소음평가에 관한 종합적인 연구는 아직 국내에서 수행되지 않고 있어 도로변 녹지공간 설계시 교통소음에 대한 설계적 고려의 당위성 및 중요성의 정도가 파악되지 못한 상태에 있으며 또한 물이라는 설계요소의 영향을 이용하여 교통소음을 마스킹 (masking) 하는 연구는 연구결과의 높은 효용성이 예상됨에도 불구하고 국내는 물론 국외에서도 활발하지 못한 상태이다.

## 2. 이론적 배경

사람은 연속음에 대하여 음의 고저(pitch)의 감각을 갖는다. 음의 고저는 주로 주파수에 관계하며 주파수가 큰 음은 높게 주파수가 작은 음은 낮게 느낀다. 그러나 음의 크기나 파형의 영향도 받기 때문에 대단히 복잡하다. 또한 음의 계속시간이 짧으면 높이의 감각이 없어지게 된다. 주파수에 대해서도 Weber-Fechner의 법칙에 의한 대수척을 사용하여  $\log_2(f_2/f_1)$ 을 옥타브(octave)수라 부른다. 즉 주파수  $f_2$ 가  $f_1$ 의 2배일 때 1 Octave이다. 이것은 음악에 이용되는 음계의 기본으로 주파수가 2배가 됨에 따라 유사의 감각을 일으키는 것으로부터 연유했다. 예를 들어 1,000Hz와 1, 2, 3 Octave 떨어진 주파수는 낮은쪽에 500, 250, 125Hz, 높은 쪽에 2,000, 4,000, 8,000Hz로 대수 Scale은 등간격으로 된다.

음의 Spectrum은 Spectral Level을 사용하여 표현하며 주파수  $f$ 의 Spectral Level은  $f$ 를 중심으로 하는 1Hz의 주파수폭에 포함되어 있는 음의 세기의 Level이다. 음악의 Spectrum은 배음으로 되어 있으므로 불연속이지만 잡음의 경우는 일반적으로 연속으로 되어있다. 이 Spectral Level이 주파수의 전역에 걸쳐 거의 수평으로 연속하는 경우를 백색잡음(white noise)이라 하며 이것은 빛의 백색광이 연속 Spectrum을 갖는 것에 견주어서 붙여진 이름이다.

일반적으로 소음을 분석하는 경우에는 주파수폭을 1~1/3 Octave 폭으로 하여 그 주파수폭 즉, 대역(band)에 포함되는 음의 세기의 Level을 1~1/3 Octave Band Level이라 하고 분석결과를 Band Spectrum이라 한다. 잡음의 경우에도 Octave Band 정도의 대역을 구획지으면 그 Band 특유의 음색을 갖고 역시 주파수의 고저에 의하여 음의 고저를 느낄 수 있다.

예를 들어, 중심주파수  $f_m$ 의 Octave 및 1/3 Octave의 Band폭  $\Delta f$ 는,

$$\text{octave band : } f_2 = 2f_1, \quad \frac{f_m}{f_1} = \frac{f_2}{f_m} = \frac{2f_1}{f_m}$$

$$\therefore f_m = \sqrt{f_1 f_2} = \sqrt{2} f_1, \quad \Delta f = f_2 - f_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} f_m = 0.707 f_m$$

$$1/3 \text{ octave band : } \frac{f_m}{f_1} = \frac{f_2}{f_m} = 2^{1/6},$$

$$\Delta f = f_2 - f_1 = f_m (2^{1/6} - 2^{-1/6}) = 0.23 f_m$$

과 같다.

어떤 소리가 다른 소리를 들을 수 있는 능력을 감소시키는 현상을 소리의 마스킹 효과(masking effects)라 한다. 이것은 다른 소리 때문에 귀의 감각이 둔해져 최소가청치가 상승했기 때문이며 그 변화량으로 마스킹의 크기를 표현한다.

마스킹하는 음(masker)이 클수록 마스킹 효과는 크게 되며 그 음보다 높은 주파수의 음은 낮은 음보다 마스킹되기 쉽다. 또한, 마스킹되는 음이 이 주파수에 가까울수록 마스킹이 크게 되지만 거의 같은 정도로 가깝게 되면 공명에 의해 음의 존재가 명확해진다.

## III. 연구내용 및 방법

### 1. 연구대상지

본 연구에서 도시 소음지공간을 연구대상지로 선택한 이유는 다음과 같다.

첫째, 대부분 대로변에 위치하여 녹지공간 가운데 가장 교통소음공해에 노출되어 있고,

둘째, 음경관 설계(soundscape design) 측면에서 현황음에 대한 제특성의 파악과 음을 도입하기 위한 공간영역의 설정이 용이하고,

셋째, 규모가 작아 공간내에서의 현황음 관여정도에 커다란 차이가 없을 뿐 아니라 공간에 대한 마스킹 효과도 다른 장소에 비하여 균등하며,

넷째, 연구결과의 활용성 측면에서 여타 공간과 비교하여 마스킹의 효용이 극대화 될 수 있어 연구 결과의 실용화 가능성이 매우 높을 것으로 판단했기 때문이다.

#### 1) 교통소음조사 및 평가 대상지

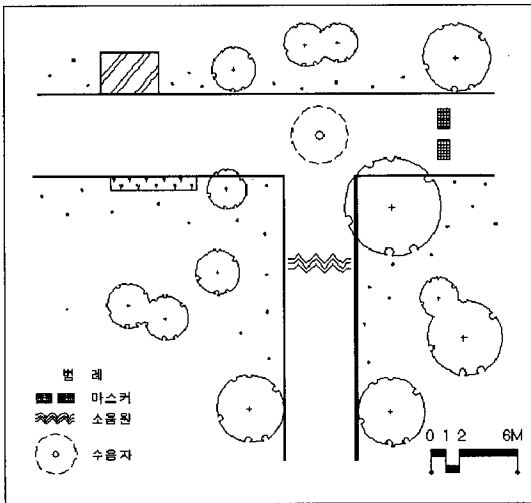
서울의 도로변 소음지공간 중 무작위로 14개 장소를 선정한 후 등가소음도(Leq dB(A))와 녹지공간의 입지적, 공간적 특성을 고려하여 최종적으로 7개 녹지공간에서 8개소를 연구대상지로 선정하였다. <표1>

<표1> 대상지 선정을 위한 등가소음도(Leq dB(A)) 조사

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
예비조사 대상지	무궁화동산	종묘공원내 소광장	종묘공원내 퍼골라	방학동사거리 녹지공간	독립공원	창덕궁옆 녹지공간	무역회관사거리 녹지공간	사당사거리 녹지공간	답십리역 녹지공간	제일은행전면 녹지공간	인사동입구 녹지공간	제일은행측면 녹지공간	교보빌딩 녹지공간	도봉로분수대 주변
등가소음도	51.50	56.45	60.53	64.19	65.34	66.18	66.19	66.76	68.00	68.71	69.95	70.03	71.73	71.84
연구대상지	I	II	III	IV				V	VI		VII		VIII	

2) 모델개발실험 대상지

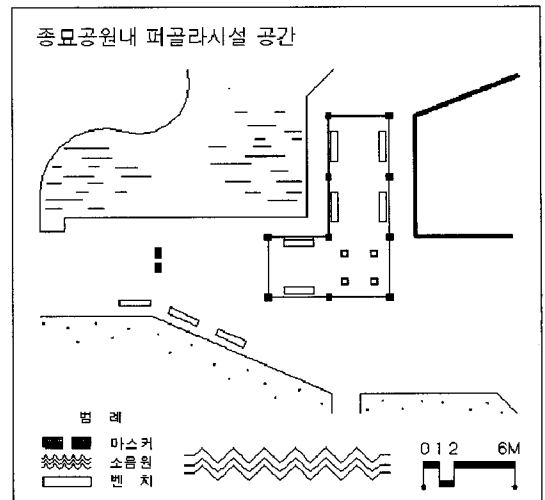
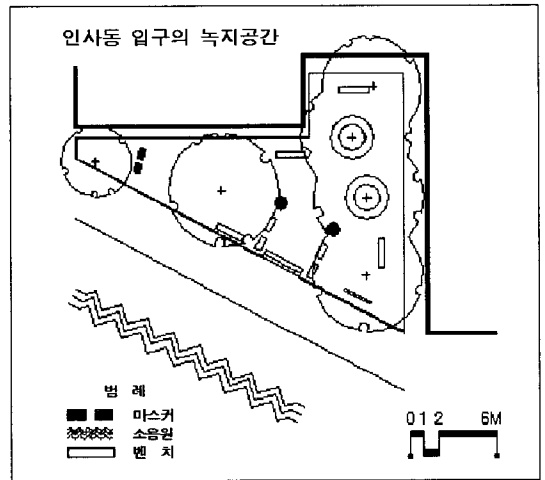
대학캠퍼스내 녹지공간 중에서 특정 대상소음이 존재하지 않고 실험대상소음의 최저치를 기준으로 SN비(S : signal, N : background noise)가 10dB 이상이며 주변에 음을 반사시킬 벽체가 존재하지 않는 공간을 실험대상공간으로 선정하였다. (그림1)



(그림1) 모델개발실험 대상지 현황도

3) 모델검증실험 대상지

교통소음 조사 및 평가를 실시했던 대상지 중 교통소음이 70dB과 60dB 수준인 인사동 입구의 녹지공간과 종묘공원의 퍼골라시설 공간을 모델검증실험 대상지로 선정하였다. 검증실험 당시 2개소 공히 배경소음으로 약간의 대화음이 있었다. (그림2)



(그림2) 모델검증실험 대상지 현황도

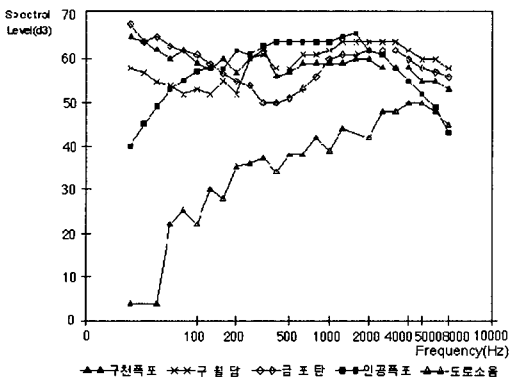
2. 대상소음 및 마스커의 Spectral Level 특성 분석

본 연구에서 마스커로는 덕유산의 구천폭포, 금포탄, 구월담 등 3개의 자연폭포음과 전주시 덕진공원

의 인공폭포(높이:4.40m, 폭:7.00m, 유량:6.67 l/sec, 형태:다단계)음을, 대상소음으로는 교보 본사빌딩 옆 도로단에서의 자동차소음을 각각 FFT(DI-2000)를 이용하여 1/3 Octave Band Level로 비교분석하였으며 분석에서는 가청주파수 범위중에서 20~8,000Hz의 주파수범위를 이용하였다. (그림3)

교통소음의 파형과 폭포음의 파형을 비교분석하면 구천폭포, 구월담, 금포탄의 1/3 Octave Band Level은 거의 유사한 형상을 보이고 있어 어느 형태의 폭포음을 이용해도 마스킹 효과에 큰 영향은 없을 것으로 판단되나 특히 구천폭포의 파형은 저주파성분부터 고주파성분에 이르기까지 고른 파형의 형태를 나타내고 있고 교통소음의 Spectral Level과 유사한 형태를 보이고 있어 마스커로서 좋은 역할을 할 것으로 기대하였다. 그러나 디지털 레코더로 녹음된 구천폭포음을 마스커로 이용하여 예비조사를 실시한 결과 교통소음과의 구별이 불명확한 것으로 나타나 대안적인 방법으로 인공폭포음을 분석하였다. 자연폭포음과 인공폭포음의 파형을 비교하면 100~5000Hz의 범위에서 대체적으로 유사한 파형을 보여 인공폭포음을 사용하여도 충분한 마스킹 효과를 나타낼 것으로 판단된다.

인공폭포음과 도로소음의 Spectral Level를 비교하면 5000Hz 부근의 고주파성분에서 특히 유사한 파형을 나타내 이 영역에서의 마스킹 효과가 높을 것으로 기대된다.



(그림3) 대상소음과 마스커의 1/3 옥타브 밴드 레벨

### 3. 마스커의 거리별 감쇠정도 분석

자유공간에 있는 점음원의 거리감쇠는 음향출력 W의 점음원으로부터 거리 d만큼 떨어져 있을 때, 음의 세기 I는 반경 d인 구면의 표면적  $4\pi d^2$ 을 단위시간에 통과한 에너지의 총합이 W이므로

$$I = \frac{W}{4\pi d^2}$$

로 되고 거리의 제곱에 반비례한다. 이점에서의 음의 세기 레벨은 음향출력을 Power Level

$L_w = 10 \log_{10}(W/10^{-12})$  로 표시해서

$$\begin{aligned} L &= L_w - 10 \log_{10} 4\pi - 10 \log_{10} d^2 \\ &= L_w - 11 - 20 \log_{10} d \text{ (dB)} \end{aligned}$$

이 된다.

마스커로 사용하는 폭포음의 거리에 따른 감쇠정도를 분석하기 위하여 배경소음이 거의 존재하지 않고 반사음 벽체가 없는 녹지공간의 도로에서 3회에 걸쳐 조사하였다. 30m까지의 거리감쇠는 거리 d가 두배가 됨에 따라 약 6dB씩 감소하는 경향을 보여 점음원의 거리감쇠형태를 나타내고 있다. <표2>

<표2> 마스커의 거리별 감쇠(dB)

거리 (m)	측정 (회)			
	1	2	3	평균
5	80.0	80.2	80.2	80.1
10	75.5	75.5	75.3	75.4
15	71.1	71.8	71.5	71.5
20	68.5	69.0	68.4	68.6
25	65.8	67.3	67.0	66.7
30	65.0	66.2	65.2	65.5

### 4. 연구방법

#### 1) 도로교통소음 조사

소속지공간의 도로교통소음 측정은 공정시험방법 (환경처 고시 제95-10호)에 준하여 실시하되 측정지점은 연구목적의 특성을 고려하여 녹지규모에 따라 공간의 중심지 또는 당해공간중 이용밀도가 높은 장소로 한정하였다. 동일지점의 지상 1.2m 위치에서 설문조사 소요시간을 고려하여 10 - 20분 간격으로 2

회 반복측정한 등가소음도(Leq dB(A))의 산술평균한 값을 측정소음도로 하였다. 측정은 1997년 9월 중에 교통소음 평가치의 편차를 줄이기 위하여 연구대상지의 단위시간당 이용밀도가 높은 주말과 일요일 오후에 실시하였으며 소음계는 KSC-1502에서 정한 보통소음계 이상의 성능을 가진 RION NL-04(프린터:CP-10) 디지털 소음계를 사용하였다.

2) 도로교통소음 평가

교통소음 측정과 병행하여 소음평가를 위한 설문조사를 대상지별로 40매씩 실시하였으며 조사대상 집단은 교통소음 측정지점에 인접한 이용자 중에서 단순 무작위표출법에 의하여 선정하였다. 응답자의 성비는 남자 183(57.2%)명, 여자137(42.8%)명이며 연령층은 10대 55(17.2%)명, 20대 160(50.0%)명, 30대 55(17.2%)명, 40대 22(6.9%)명, 50대 13(4.0%)명, 60대 이상 15(4.7%)명으로 되어 있다. 설문지 내용은 7단계 리커트척도(1:매우불만, 7:매우만족)의 소음 및 녹지공간 평가항목과 일반적인 속성으로 구성되었다.

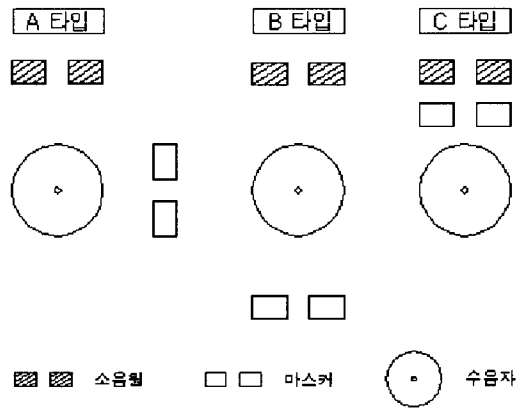
3) 모델개발실험

대상소음의 크기는 환경정책기본법에서 설정한 옥외 소음환경기준<표4>과 본 연구의 교통소음 측정 및 평가 결과를 바탕으로 60dB, 65dB, 70dB, 75dB로 분류하고 마스크의 크기는 예비조사 결과를 바탕으로 각각의 대상소음에 대해서 동일한 크기부터 5dB, 10dB, 15dB, 20dB이 더 큰 5단계로 하였으며 실험 전에 선별기(selector)를 이용하여 조작·분류한 다음 실험에 사용하였다.

실험은 맑고 풍속이 5m/sec 이하인 날 오후에 전북대학교 조경학과 2-3학년 학생 40명을 피실험자로 하여 실시하였으며 정상적인 소리감쇠로 인한 편차를 줄이기 위하여 20명씩 나누어 2회 실시하였다. 실험 시간은 대상소음을 녹음한 장소의 교통신호체계(푸른 신호: 60초간)를 기준으로 하여 먼저 대상소음을 60초 동안 들려준 후 소음평가를 실시한 다음, 대상소음과 마스크를 동시에 60초 동안 들려주면서 폭포음의 크기와 마스크된 상태의 교통소음을 7단계의 평가

척도로 구성된 설문지에 평가하도록 하였다.

피실험자가 접하는 소음의 크기가 일정할지라도 마스크의 공간적 위치가 마스크 효과에 영향을 미칠 수 있다고 판단하고 3타입으로 분류하여 실험을 실시하였다. A타입과 B타입은 대상소음과 마스크의 스피커를 수음자 집단의 중앙부와 각각 9m, C타입은 대상소음 9m와 마스크 7m의 거리를 두고 지표면 위에 배치하였다. (그림4)



(그림4) 소음원과 마스크의 공간적 관계 유형

대상소음 및 마스크는 원음의 재생효과를 제고하기 위하여 Digital Audio Tape Recorder (sony, model:TCD-D8)로 녹음하였으며 음량의 조절을 위하여 AMP(marantz, model:Y-919)와 스피커(BMB, model:CS-X21R)를 사용하였다.

4) 모델검증실험

교통소음평가 대상지 가운데 2개소를 선정하여 녹지공간 이용자 중 무작위로 추출한 40명을 대상으로 1998년 5월 중 일요일에 개발모델의 검증실험을 실시하였다. 마스크는 개발실험에 사용하였던 폭포음으로 하였으며 공정시험방법을 원용하여 5분 동안 교통소음을 듣고 평가하게 한 후 마스크를 다시 5분 동안 들려주면서 마스크된 상태에 대한 만족도를 7단계의 평가 척도로 구성된 설문지에 기입하게 하였다. 마스크의 dB 수준을 결정하기 위하여 먼저 대상공간의 교통소음을 공정시험방법에 준하여 측정한 다음, 대상소음에 최적의 마스크 효과가 있는 모델을 이용하였다.

### IV. 결과 및 고찰

#### 1. 교통소음 분석

조사대상지의 도로교통소음은 51.80dB - 71.20dB까지 분포하고 있으나 무궁화 동산(Ⅰ)과 종묘공원의 소광장(Ⅱ) 및 퍼콜라시설 공간(Ⅲ)을 제외한 대로변의 소녹지공간은 도로변 녹지지역의 주간소음 환경기준인 65dB를 초과하고 있다. <표4> 무궁화 동산의 도로소음이 51.80dB로 낮게 나타난 것은 입지의 특수성 때문에 주변도로의 교통량이 현저히 적는데 기인하며 종묘공원은 소음원과 수음점 사이의 거리에 의한 자연감쇠와 중간의 녹지대에 의한 소음 감쇠작용의 결과라 판단된다. 소음측정시에 대상지마다 약간의 배경소음이 존재하였다. <표3>

<표3> 소음조사 대상지별 등가소음도(Leq dB(A))

대상지	등가소음도		최대소음		배경 소음	소음원과 수음점 사이의 거리 (m)
	1회측정	평균	1회측정	2회측정		
Ⅰ	52.40	51.80	68.80	68.05	까지소리 호루라기	37.50
	51.20		67.30			
Ⅱ	56.40	56.65	69.20	68.80	대화음	90.00
	56.90		68.40			
Ⅲ	60.80	60.55	67.90	68.55	대화음	56.25
	60.30		69.20			
Ⅳ	65.50	65.35	76.40	74.45	건설현장 소음	28.87
	65.20		72.50			
Ⅴ	67.10	66.80	78.50	78.85	대화음	12.75
	66.50		79.20			
Ⅵ	66.90	67.25	82.40	83.30	농구장 소음	84.20
	22.50		67.60			
Ⅶ	69.90	69.90	79.90	81.70	대화음	9.75
	69.90		83.50			
Ⅷ	71.30	71.20	83.20	82.60	대화음	14.10.
	71.10		82.00			

<표5> 소녹지공간의 도로교통소음 측정 및 평가

변인	소음 (dB)									F	P
	51.80	56.65	60.55	65.35	66.80	67.25	69.90	71.20	평균		
지각강도(X <sub>1</sub> )	4.45	3.60	2.33	2.36	1.95	1.87	2.24	1.98	2.60	35.3909	0.000
대화방해(X <sub>2</sub> )	5.38	4.27	3.63	3.44	3.10	3.23	3.20	3.12	3.67	19.6332	0.000
휴식방해(X <sub>3</sub> )	5.25	4.03	2.93	3.03	2.70	2.98	2.68	2.37	3.24	26.2203	0.000
소음원노출(X <sub>4</sub> )	4.68	4.45	2.63	1.95	1.87	2.23	1.71	1.98	2.68	47.7294	0.000
소음만족도	4.27	3.52	2.58	2.54	2.28	2.30	2.12	2.05	2.71	22.5997	0.000

<표4> 옥외 소음의 환경기준 등가소음도 dB(A)

지역구분	적용 대상 지역	낮	밤
일반 지역	녹지지역, 주거전용지역 등	50	40
	일반주거지역, 준주거지역 등	55	45
	상업지역, 준공업지역 등	65	55
	일반공업지역, 전용공업지역 등	70	65
도로변 지역	녹지지역, 일반주거지역, 준주거지역 등	65	55
	상업지역, 준공업지역 등	70	60
	일반공업지역, 전용공업지역 등	75	70

자료: 전국환경관리인 연합회(1992), 환경관계법규 p:33

#### 2. 교통소음 평가

##### 1) 평가치 비교분석

지각강도를 분석하면 등가소음도 51.80dB은 약간 조용하다고, 56.65dB은 약간 시끄럽다고 느끼고 있는 반면, 60.55dB과 65.35dB에서는 시끄럽다고 지각하였다. 특히 67.25dB과 66.80dB인 대상지의 지각강도가 소음이 5dB 정도 더 심한 대상지보다 높게 나타난 것은 대상공간의 배경소음이 상대적으로 미약하여 강하게 지각된 것으로 판단된다.

교통소음이 동반자와의 대화를 방해하는 정도는 60.55dB부터 71.20dB까지 약간 크다고 느끼고 있으며 동반자수와 대화방해 정도에는 유의적인 차이가 없었다.

휴식을 방해하는 정도는 모든 연구대상지에서 대화 방해보다 높게 나타났으며 약 60dB 정도부터 휴식의 방해가 심화되었다.

소음원은 2개소를 제외한 대부분의 대상지에서 시각적으로 스크린되지 못하고 있는 것으로 평가되었다. 이것은 대부분의 소녹지공간이 소음원을 물리적 설계요소로 차폐시키지 못하고 있음을 보여주는 것으로 차폐에 의한 심리적 감음효과는 낮을 것으로 판단



된다.

소음에 대한 종합적인 만족도를 분석하면 51.80dB 인 장소를 제외한 대부분의 대상지에서 불만족스러운 것으로 나타났으며 70dB 정도에서는 매우 낮은 만족도를 보였다.<표5>

2) 소음정도와 소음만족도의 관계성 분석

교통소음의 크기정도가 이용자의 소음만족도에 미치는 영향을 분석하기 위하여 단순회귀분석한 결과, 변인간에 매우 높은 상관관계(R=0.95)를 보였다.<표6-7>

<표6> 소음정도와 소음만족도의 회귀분석

Variable	B	SEB	Beta	T	Sig T
Noise	-8.387052	1.104565	-.951705	-7.593	.0003
(Constant)	86.544232	3.111132		27.818	.0000

<표8> 소음만족도 회귀분석

Site	Variable	B	SEB	Beta	T	Sig T	R <sup>2</sup>
I	X3	.479021	.135070	.498675	3.546	.0011	.25
	(constant)	1.760140	.731749		2.405	.0211	
II	X1	.317482	.187047	.279547	1.697	.0983	.41
	X4	.322047	.123388	.336630	2.610	.0131	
	X2	.336990	.160563	.347365	2.099	.0429	
	(constant)	-.491677	.835341		-.589	.5598	
III	X3	.338260	.114637	.407324	2.951	.0055	.40
	X2	.328308	.128824	.351802	2.548	.0151	
	(constant)	.395474	.473854		.835	.4093	
IV	X3	.616348	.083479	.767622	7.383	.0000	.59
	(constant)	.695140	.276869		2.511	.0164	
V	X3	.558828	.131911	.496521	4.236	.0001	.51
	X1	.552108	.150217	.430770	3.675	.0007	
	(constant)	-.310446	.433370		-.716	.4783	
VI	X4	.473596	.119271	.541520	3.971	.0003	.29
	(constant)	1.246248	.293974		4.239	.0001	
VII	X2	.356717	.117944	.440473	3.024	.0044	.19
	(constant)	.942422	.391620		2.406	.0211	
VIII	X3	.451064	.119437	.522402	3.777	.0005	.27
	(constant)	.978723	.301562		3.246	.0024	
Total	X3	.322179	.047503	.366181	6.782	.0000	.55
	X4	.196896	.040259	.241074	4.891	.0000	
	X1	.240852	.053110	.248545	4.535	.0000	
	(constant)	.507177	.121550		4.173	.0000	

<표7> 회귀분석에 대한 분산분석

	DF	S.S.	M.S.	F
Regression	1	289.52941	289.52941	57.65491
Residual	6	30.13059	5.02176	

Signif = 0.0003

3) 소음만족도 요인 분석

소음만족도에 미치는 요인들을 추출하기 위하여 소음의 지각강도(X1), 대화방해정도(X2), 휴식방해정도(X3) 및 소음원의 노출정도(X4) 등을 독립변수로 하고 소음만족도를 종속변수로 하여 단계적 방법에 의한 다중회귀분석을 실시하였다.

전체대상지를 종합하여 분석한 결과, 휴식의 방해정도(X3), 지각강도(X1) 및 소음원의 노출정도(X4) 순으로 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다으며 전체회귀식은 R<sup>2</sup> = 0.54의 설명력을 보여주고 있다.<표8-9>

〈표9〉 소음만족도 회귀분석에 대한 분산분석

Site		DF	S.S.	M.S.	F
I	Regression	1	16.40647	16.40647	12.57745 <sup>1)</sup>
	Residual	38	49.56853	1.30444	
II	Regression	3	26.49406	8.83135	8.48241 <sup>6)</sup>
	Residual	36	37.48094	1.04114	
III	Regression	2	15.13482	7.56741	12.36714 <sup>5)</sup>
	Residual	37	22.64018	.61190	
IV	Regression	1	25.79415	25.79415	54.51229 <sup>2)</sup>
	Residual	38	17.98085	.47318	
V	Regression	2	18.25972	9.12986	19.06857 <sup>3)</sup>
	Residual	37	17.71528	.47879	
VI	Regression	1	10.08760	10.08760	15.76681 <sup>4)</sup>
	Residual	38	24.31240	.63980	
VII	Regression	1	4.80677	4.80677	9.14739 <sup>7)</sup>
	Residual	38	19.96823	.52548	
VIII	Regression	1	5.97660	5.97660	14.26269 <sup>8)</sup>
	Residual	38	15.92340	.41904	
Total	Regression	3	278.43568	92.81189	130.95924 <sup>9)</sup>
	Residual	316	223.95182	.70871	

1) - 9) signif F ≤ 0.004

3. 소음만족도와 이용만족도의 관계성 분석

1) 소녹지공간 이용만족도 분석

종합만족도를 조사하기 위하여 내생적 인자로는 물리적 요소인 시설물(X<sub>6</sub>)과 식생(X<sub>7</sub>) 및 공간구성(X<sub>8</sub>), 외생적 인자로는 소음(X<sub>5</sub>)과 대기오염(X<sub>9</sub>)을 사용하였다. 입지여건이 특수한 무궁화 동산(I)을 제외한 대상지 모두에서 물리적 요소나 공간구성의 짜임새보다 소음과 대기오염이 낮게 평가되고 있어 도시 소녹지공간은 내생적 요인보다 외생적 요인에 의해 어메니티 저하가 초래되고 있음을 알 수 있다. 〈표10〉

〈표10〉 녹지공간에 대한 만족도

대상지 변인	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	평균	F	P
소음(X <sub>5</sub> )	4.27	3.52	2.58	2.54	2.28	2.30	2.12	2.05	2.71	22.5997	0.000
시설물(X <sub>6</sub> )	4.58	3.83	3.70	3.51	4.02	3.25	3.17	3.00	3.63	4.8377	0.000
식생(X <sub>7</sub> )	4.80	3.97	4.10	4.51	3.67	3.60	2.54	2.93	3.76	11.6822	0.000
공간구성(X <sub>8</sub> )	4.77	3.60	3.63	4.36	3.95	3.37	2.98	3.20	3.73	7.8751	0.000
대기오염(X <sub>9</sub> )	4.75	3.17	2.65	3.18	2.15	2.48	1.85	1.82	2.75	18.5561	0.000
종합만족도	4.97	3.78	3.77	4.28	3.73	3.58	3.00	3.12	3.77	9.8625	0.000

2) 소음정도와 이용만족도의 관계성 분석

소음의 크기 정도가 녹지공간 이용만족도에 미치는 정도를 분석하기 위하여 실시한 단순회귀분석 결과, 변인간에 매우 높은 상관관계(R=0.80)가 있는 것으로 나타나 도로변 녹지공간의 조성시 소음공해의 차단 및 저감을 고려하는 설계적 노력의 필요성이 도출되었다. 〈표11-12〉

〈표11〉 소음정도와 녹지공간 이용만족도의 회귀분석

Variable	B	SEB	Beta	T	Sig T
Noise	-8.838302	2.738933	-.796515	-3.227	.0180
(Constant)	97.241357	10.510707		9.252	.0001

〈표12〉 회귀분석에 대한 분산분석

	DF	S.S.	M.S.	F
Regression	1	202.80368	202.80368	10.41298
Residual	6	116.85632	19.47605	

signif F = 0.018

3) 이용만족도 요인 분석

소녹지공간의 이용만족도를 분석하기 위하여 소음(X<sub>5</sub>), 시설물(X<sub>6</sub>), 녹지(X<sub>7</sub>), 공간구성(X<sub>8</sub>) 및 대기오염정도(X<sub>9</sub>)를 독립변수로 하고 이용만족도를 종속변수로 하여 단계적 방법에 의한 다중회귀분석을 실시하였다. 전체대상지를 종합하여 실시한 결과 공간구성(X<sub>8</sub>), 시설물(X<sub>6</sub>), 녹지(X<sub>7</sub>) 및 대기오염(X<sub>9</sub>)이 주요변수로 도출되었으며 회귀식은 R<sup>2</sup> = 0.56의 설명력을 보였다. 〈표13-14〉

<표13> 녹지공간 이용만족도 회귀분석

Site	Variable	B	SEB	Beta	T	Sig T	R <sup>2</sup>
I	X6	.485047	.092151	.649355	5.264	.0000	.42
	(constant)	2.755910	.443141		6.219	.0000	
II	X8	.504863	.121384	.533408	4.159	.0002	.48
	X9	.273510	.124584	.281552	2.195	.0345	
	(constant)	1.102776	.486247		2.268	.0293	
	III	X7	.590402	.110725	.654206	5.332	.0000
(constant)	1.354353	.483273		2.802	.0079		
IV	X8	.445925	.101430	.544375	4.396	.0001	.53
	X7	.289339	.116074	.308658	2.493	.0173	
	(constant)	1.048261	.540403		1.940	.0601	
	V	X8	.284809	.125259	.309480	2.274	.0290
X6		.403675	.123451	.412751	3.270	.0024	
	X9	.309823	.116642	.293236	2.656	.0117	
	(constant)	.309093	.448080		.690	.4947	
VI	X8	.369079	.128548	.408337	2.871	.0067	.46
	X6	.330364	.128422	.365864	2.572	.0142	
	(constant)	1.255675	.437716		2.869	.0068	
	VII	X6	.386698	.122201	.431814	3.164	.0031
X7		.334622	.120411	.379216	2.779	.0084	
	(constant)	.925087	.362208		2.554	.0148	
	VIII	X6	.423518	.131617	.472548	3.218	.0027
X7		.290378	.133701	.318944	2.172	.0364	
	(constant)	.901058	.365401		2.466	.0184	
	Total	X8	.267952	.047784	.293868	5.608	.0000
X7		.192687	.047133	.223481	4.088	.0001	
	X6	.221833	.045793	.242067	4.844	.0000	
	(constant)	.875598	.151024		5.798	.0000	

<표14> 녹지공간 이용만족도에 대한 분산분석

Site		DF	S.S.	M.S.	F
I	Regression	1	20.65088	20.65088	27.70547 <sup>1)</sup>
	Residual	38	28.32412	.74537	
II	Regression	2	27.07920	13.53960	16.75704 <sup>6)</sup>
	Residual	37	29.89580	.80799	
III	Regression	1	31.23225	31.23225	28.43190 <sup>5)</sup>
	Residual	38	41.74275	1.09849	
IV	Regression	2	30.88394	15.44197	21.09008 <sup>2)</sup>
	Residual	37	27.09106	.73219	
V	Regression	3	42.47591	14.15864	21.69066 <sup>3)</sup>
	Residual	36	23.49909	.65275	
VI	Regression	2	23.67170	11.83585	15.58274 <sup>4)</sup>
	Residual	37	28.10330	.75955	
VII	Regression	2	32.32383	16.16192	19.50956 <sup>7)</sup>
	Residual	37	30.65117	.82841	
VIII	Regression	2	19.70037	9.85018	17.62821 <sup>8)</sup>
	Residual	37	20.67463	.55877	
Total	Regression	4	324.79533	81.19883	104.39651 <sup>9)</sup>
	Residual	315	245.00467	.77779	

1) - 9) signif F ≤ 0.001 이하

#### 4. 마스크모델 개발실험

마스크의 공간적 위치를 3개 타입으로 분류한 후 4단계로 구분한 대상소음에 대해 각각 마스크를 5단계로 분류하여 실험한 결과, 전체 20개의 유형 중 교통소음과 마스크가 각각 60dB인 경우와 교통소음 65dB과 마스크 70dB인 경우 등 단지 2개의 유형에서만 유의적인 차이가 있어 수음자가 접하는 마스크의 크기가 동일하다면 위치에 관계없이 마스크링 효과는 일정하다는 것을 알 수 있다. 그러나 소음원과 수음자 사이에 마스크가 위치할 경우에는 수경시설의 형태 및 크기에 따라 소음원이 차폐될 수 있기 때문에 심리적인 감음효과는 더 있을 것으로 판단된다.

소음대별로 마스크링 효과가 최대인 마스크의 크기를 분석하면 교통소음 60dB에서는 마스크가 70dB일 때 만족도 4.93, 65dB에서는 75dB일 때 4.71, 70dB에서는 80dB일 때 4.32, 75 dB에서는 80dB일 때 3.92로 가장 높았다. 즉, 소음이 60-70dB일 경우에

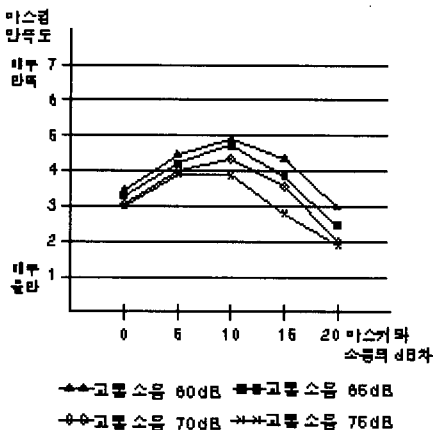
〈표 15〉 마스크모델 개발실험 결과

교통소음 (dB)	타입	마스커 (dB)								마스킹후 만족도변화량	F값	던칸테스트						
		0	60	65	70	75	80	85	90			95						
60	A 타입		3.53*	4.35	4.93	4.30	3.05											
	B 타입		2.98*	4.30	4.72	4.08	2.65											
	C 타입		3.87*	4.80	5.13	4.68	3.23											
	평균	3.45	3.46	4.48	4.93	4.35	2.97				1.48	43.5592**	80	60	75	65	70	
65	A 타입			3.28	4.20**	4.85	3.88	2.53										
	B 타입			2.97	3.82**	4.52	3.82	2.38										
	C 타입			3.62	4.63**	4.75	3.85	2.42										
	평균	3.28		3.29	4.22	4.71	3.85	2.44			1.43	60.9662**	85	65	80	70	75	
70	A 타입				2.92	4.05	4.35	3.48	1.98									
	B 타입				2.97	4.03	4.15	3.65	2.07									
	C 타입				3.17	3.95	4.45	3.53	1.85									
	평균	2.60			3.02	4.01	4.32	3.55	1.97		1.72	70.1415**	90	70	85	75	80	
75	A 타입					2.90	3.80	3.53	2.77	1.90								
	B 타입					3.00	3.92	4.27	3.05	2.20								
	C 타입					3.08	4.05	3.85	2.55	1.60								
	평균	2.08				2.99	3.92	3.88	2.79	1.90		1.84	47.2942**	95	90	75	85	80

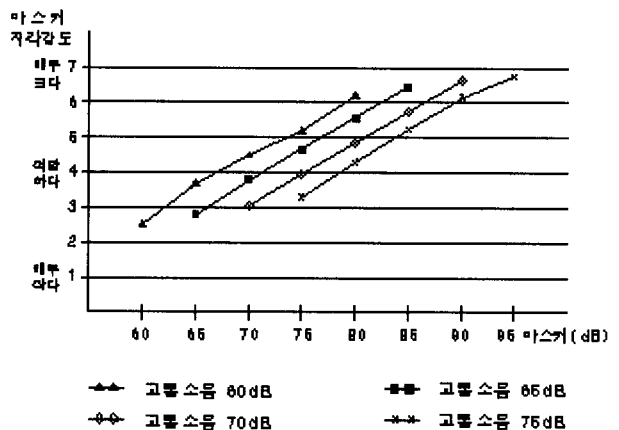
는 마스크가 상대적으로 10dB 정도, 75dB에서는 5dB 정도 클 경우에 마스크 효과가 가장 높았다. 소음 75dB에서 다르게 나타난 것은 대소음일 경우 마스크가 더붙어 커지면 오히려 소음이 될 수 있기 때문인 것으로 생각된다. 따라서 대상소음의 크기에 따라 마스크를 5-10dB 정도 크게 하는 것이 바람직할 것이다.

마스크가 너무 작거나 클 경우에도 만족도가 낮아져 마스크의 크기와 만족도 사이에는 역U자형 관계가 성립하였다. (그림5)

마스킹 전과 최적 마스크 후의 소음만족도를 비교하면 소음 60dB에서는 마스크 전 3.45에서 후 4.93으로 1.48, 65dB에서는 전 3.28에서 후 4.71로 1.43, 70dB에서는 전 2.60에서 후 4.32로 1.72, 75dB에서는 전 2.08에서 후 3.92로 1.84 상승하여 마스크 상태의 만족도는 소음이 커질수록 낮아지는 경향을 보였으나 마스크 효과는 소음이 클수록 더 높았다. ANOVA 와 Duncan Test 결과 마스크의 크기에 따라 만족도에 유의적인 차이가 있었다. (표15)



(그림5) 소음대별 마스크 만족



(그림6) 폭포음의 지각강도 분석

마스커인 폭포음에 대한 지각강도(1:매우작다, 4: 적당하다, 7:매우크다)는 4개 소음대별 공히 소음보다 상대적으로 5dB정도 클 때 가장 적당한 것으로 나타나 평가자가 느끼는 마스커의 적정크기와 마스킹 효과는 일치하지 않았으나 유사한 경향을 보였다. (그림6)

5. 모델검증실험

개발된 모델의 타당성 검증실험 결과를 분석하면 교통소음 61.70dB인 대상지에서는 마스킹 전 2.58인 만족도가 마스킹 후 4.83으로 2.25 증가하였고 70.02dB인 대상지에서는 전 2.00에서 후 4.75 로 2.75 상승하였으며 마스킹 전후의 만족도를 t-test한 결과 두 만족도 사이에는 유의적인 차이가 있었다.

또한 검증실험과 비슷한 수준의 소음정도에서 행한 개발실험의 만족도와 검증실험의 만족도를 비교하면 소음 60dB의 개발실험에서는 4.93, 소음 61.70dB의 검증실험에서는 4.83 이었으며 70dB의 개발실험에서는 4.32, 70.02dB의 검증실험에서는 4.75로 유사한 결과를 보여 개발된 마스킹 모델은 타당성이 검증된 것으로 사료된다. <표16>

시끄러운 환경에서 듣고 싶은 음만을 듣는 것을 Cocktail Party 효과라 하는데 양쪽 귀에 의한 선별로 대단히 용이하게 들려지므로 교통소음이 존재하는 곳에 인공폭포가 설치될 경우에는 청각적 효과와 더불어 시각적인 효과가 더해져 마스킹 효과를 극대화시킬 수 있으며 실험에서 얻어진 마스킹 효과보다 더 높은 심리적 소음저감 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

<표16> 모델 현장검증 실험결과

대상지	교통소음 Leq dB(A)	마스커 Leq dB(A)	마스킹전 만족도	마스킹후 만족도	만족도 차이	t값	피실험 자수
종묘공원내 파골라	61.70	71.50	2.58	4.83	2.25	-10.82**	40
인사동입구 녹지공간	70.02	79.98	2.00	4.75	2.75	-15.76**	40

V. 결론

도시 소음지공간의 어메니티 증진을 위한 방법의 일환으로 교통소음대별 최적의 마스킹 모델을 개발하기 위하여 실시한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 서울의 간선도로변 녹지공간의 주말 및 일요일 오후의 교통소음은 65-70dB정도로 도로변 녹지지역의 주간 소음환경기준을 초과하고 있다.
2. 교통소음에 대한 만족도는 60dB부터 현저하게 낮아지고 70dB전후에서는 매우 낮은 평가치를 보였다. 소음의 크기와 소음만족도 및 이용만족도는 매우 높은 상관관계가 있어 도로변 녹지공간의 조성시 소음공해의 차단 및 저감을 위한 설계적 고려의 당위성과 중요성이 도출되었다.
3. 교통소음이 60dB이상인 소음지공간은 소음만족도가 종합만족도보다 낮게 평가되었으며 내생적 요인보다 소음과 공기오염 등 외생적 요인에 의해 어메니티 저하가 초래되고 있다.
4. 수음자가 접하는 마스커의 크기가 동일한 경우에는 마스커의 위치에 관계없이 마스킹 효과는 일정하였으나 인공폭포가 조성될 경우에 폭포의 위치에 따라 소음원의 차폐로 인하여 효과에 차이가 있을 수 있으며 시각적 효과와의 상승작용으로 실험에서 얻어진 효과보다 마스킹 효과는 증대될 것으로 판단된다.
5. 소음크기 60-70dB 전후에서는 폭포음인 마스커가 10dB정도, 75dB에서는 5dB정도 클 때 마스킹 효과가 가장 좋았으며 마스킹 상태의 소음에 대한 만족도는 소음이 클수록 낮아졌으나 마스킹 전과 후의 만족도를 비교하면 소음이 클수록 마스킹 효과도 더 높다.
6. 마스킹 모델의 검증실험에서 마스킹 전후의 만족도 사이에 유의적인 차이가 있었으며 또한 모델 개발실험의 결과와 유사한 효과가 있는 것으로 나타나 개발된 모델은 타당성이 있는 것으로 판명되었다.

## 인용문헌

1. 국찬, 김선우, 심우경(1990) "조경식물의 도로교통소음 감소 기능에 관한 기초 연구 (I)", 한국조경학회지 39(3): 1-9.
2. 김성일(1993) "소음억제를 위한 도시환경림의 조성관리에 관한 연구", 한국과학재단: 55-76.
3. 김희강 외(1995) "최신 소음진동학", 동화기술: 69-81.
4. 김광준 외(1997) "소음과 진동 I · II", 반도출판사.
5. 대한주택공사(1986) "공동주택 내부소음 기준설정에 관한 연구", 건연 86-050: 98, 100.
6. 박달곤(1994) "자연 및 인공식생의 소음경감 효과", 영남대학교 대학원 석사학위논문.
7. 박전자(1991) "주거단지계획의 원리 및 방법론", 세진사: 200-204.
8. 윤석운 외(1988) "도로교통소음 저감시설의 효과 조사연구", 대한건축지 8(2): 444-447.
9. 이조우, 정일록(1988) "도로교통소음 저감을 위한 종합대책에 관한 연구", 국립환경연구원 보 10: 173-185.
10. 임승빈(1988) "환경심리·행태론", 보성문화사: 151-158.
11. 오택섭(1994) "사회과학 데이터 분석법", 남남출판.
12. 장연찬(1986) "소음완화를 위한 도로변 완충녹지조성 기법에 관한 연구", 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
13. 전국환경관리인 연합회(1992) "환경관계법규", 홍문관: 33.
14. 정성관, 박경길(1990) "자연폭포의 구조와 청각적 특성의 관계분석", 조경학회지, 18(1): 19-32.
15. 최희태 역(1991) "건축환경심리", 도서출판 국제: 57-68.
16. 한국음향건축연구회 편저(1991) "건축환경음향학", 공간출판사.
17. 한윤호, 강성훈, 박창섭(1991) "실내음향특성 평가를 위한 물리량과 주관평가어와의 상관성에 관한 연구 (I)", 대한건축학회논문집 7(1): 235-242.
18. 홍중수(1994) "수벽의 소음 방지효과에 관한 연구", 경상대학교 대학원 박사학위논문.
19. 환경처(1995) "공정시험방법", 동화기술.
20. 加來治郎, 山下允康(1979) "騒音の市街地浸透に関する研究", 日本騒音學會誌, 35: 257 - 261.
21. 金炳哲, 藤本一壽, 今村裕司, 中村洋(1992) "サウンド스케이プの観点からみた住区における居住環境のアメニティと地区らしさ", 造園雜誌 56(2): 106-113.
22. 金炳哲, 杉本正美, 包清田之, 藤本一壽, 中村洋(1991) "サウンド스케이プと都市空間の係わりに關する考察", 造園雜誌 54(5): 263-269.
23. 朴永珉(1996) "交通騒音の傳播特性及び豫測方法に關する研究", 京都大學 大學院 博士學位論文.
24. 福原傳篤, 木本茂夫, 永岡武利(1988) "快適環境と騒音防止設計", 彰國社.
25. 三澤彰, 齋藤庸平(1985) "樹木の騒音に對する心理的減音效果に關する實驗的研究", 造園雜誌 48(5): 85-91.
26. 三澤彰, 後藤元一, 太田隆, 豊田正夫(1988) "高速道路における遮音壁の修景綠化について", 造園雜誌 51(5): 180-185.
27. 杉本正美, 包清傳之, 金炳哲(1989) "音を配慮した"サウンドス케이プ・スペースのデザインに 關する研究", 造園雜誌 52(5): 259-265.
28. 杉本正美, 包清傳之, 金炳哲(1990) "サウンドス케이プ・スペースにおける音導入のための空間領域の設定に關する研究", 造園雜誌 53(5): 187-192.
29. 岸塚正昭(1992) "水琴窟の音響構造に關する實驗的考察", 造園雜誌 55(5): 133-139.
30. 日本建築學會編(1991) "建築と都市の水環境計劃", 彰國社.
31. 前川純一(1991) "建築・環境音響學", 共立出版: 16-20, 95.
32. 中村良夫(1993) "親水水路にみる流水形態と音環境の特性", 造園雜誌 56(5): 229 - 234.
33. Anderson, L. M. and B. E. Mulligan and L. S. Goodman(1982) "Esthetics of Sound in Outdoor Settings", Proceedings Southeastern Recreation Research Conference : 109-121.
34. Anderson, L. M. and B. E. Mulligan(1983) "Effects of Sounds on Preferences for Outdoor Settings", Environment and Behavior 15(5): 539-566.
35. Anderson, L. M. and B. E. Mulligan and L. S. Goodman(1984) "Effects of Vegetation on Human Response to Sound" J. of Arboriculture 10: 45-49.
36. Aylor, D. (1972) "Noise Reduction by Vegetation and Ground", Jour. of Acoust. Soc. of Amer. 51(1): 197-205.
37. Aylor, D. E. and L. E. Marks(1976) "Perception of Noise Transmitted through Barriers", J. of the Acoustical Society of America 59: 397-400.
38. Bronzaft Arline L. (1993) "Architects, Engineers and Planners as Anti-noise Advocates", Journal of Architectural and Planning Research 10(2): 146-159.
39. Bell and Fisher and Loomis(1978) "Environmental Psychology", Saunders: 101.
40. Ballas James A. and James H. Howard and Jr.(1987) "Interpreting the Language of Environmental Sounds", Environment and Behavior 19(1): 91-114.
41. Booth N. K. (1985) "Basic Elements of Landscape Architectural Design" New York Elsevier Science Pub. Co. Inc., : 250-281.
42. Cambell Craigs(1978) "Water in Landscape Architecture", New York Van Nostrand Reinhold Co: 9.
43. Carlson, D. E. and McDaniel, O. H. and Reethof, G. (1977) "Noise Control by Forest", Internoise 77. International Conference on Noise Control Engineering: B576-586.
44. Claude, Levy-Leboyer and Veronique Naturel(1991) "Neighbourhood Noise Annoyance", Journal of Environmental Psychology 11: 75-86.
45. Embleton, T. F. W. and J. E. Piercy and N. Olson. (1976) "Outdoor Sound Propagation over Ground of Finite Impedance", Jour. of Acoust. Soc. Amer. 59(2) : 267-277.

46. Embleton, T. F. W. (1963) "Sound Propagation in Homogeneous Deciduous and Evergreen Woods", *J. Acoust. Soc. Am.* 35: 1119-1125.
47. Fricke, F. (1984) "Sound Attenuation in Forests", *Jour. of Sound & Vibration* 92(1) : 149-158.
48. Hetherington John and Terry C. Daniel and Thomas C. Brown(1993) "Is Motion More Important Than It Sounds?: The Medium of Presentation in Environment Perception Research", *Journal of Environmental Psychology* 13: 283-291.
49. Johnson, D. R. and E. G. Saunders(1968) "The Evaluation of Noise from Freely Flowing Road Traffic", *J. Sound and Vib.*: 287-309.
50. Kim, Y. S. and H. G. Chang and Y. H. Kim. (1989a) "Noise Attenuation by Landscape Plants Comparisons as a Hedge Species between Japanese Spindle Tree & Oriental Arbor-Vitae", *Jour. of Kor. For. Soc.* 78(1) : 30-34.
51. Kim, Y. S. and H. G. Chang and Y. H. Kim. (1989b) "Noise Attenuation by Vegetation", *Environmental Research* 9(1) : 51-64.
52. Kragh, J. (1979) "Pilot Study on Railway Noise Attenuation by Belts of Trees" *Jour. of Sound and Vibration* 66(3): 407-415.
53. Kragh, J. (1981) "Road Traffic Noise Attenuation by Belts of Trees", *Jour. of Sound and Vibration* 74(2): 235-241.
54. Kurze, U. J. and G. S. Anderson(1971) "Sound Attenuation by Barriers" *Applied Acoust.* 40: 56-74.
55. Maekawa, Z. (1968) "Noise Reduction by Screens", *Applied Acoustics*, Vol.1 : 157-173.
56. Margaret Topf(1989) "Sensitivity to Noise, Personality Hardiness, and Noise-induced Stress in Critical Care Nurses", *Environment and Behavior* 21(6) : 717-733.
57. Martens, M. J. M. (1980) "Foliage as a Low-Pass Filter: Experiments with Model Forests in an Anechoic Chamber", *Jour. of Acoust. Soc. of Amer.* 67(1): 66-72.
58. Mulligan B. E. and S. A. Lewis and M. L. Faupel, L. S. Goodman, L. M. Anderson(1987) "Enhancement and Masking of Loudness by Environmental Factors Vegetation and Noise", *Environment and Behavior*, 19(4): 411-443.
59. Mulligan, B. E. and L. S. Goodman and M. Faupel, S. Lewis, L. M. Anderson(1982) "Interactive Effects of Outdoor Noise and Visible Vegetation on Behavior", *Proceedings Southeastern Recreation Research Conference*: 265-279.
60. Mulligan, B. E. and L. S. Goodman and H. Z. Goodman, L. M. Anderson(1980) "Visual Influence of Outdoor Vegetation on Loudness", *J. of the Acoustical Society of America* 67(S1): S22.
61. Price, M. A. and Attenborough, K. and Heap. N. (1986), *Sound Propagation Results from Three British Woodlands. Paper Presented at a Work Shop on Sound and Propagation in Forest and Shelter Belts. Netherland.*
62. Stephen, H. B. (1979) "The Absorption of Sound by Pine Trees", *Jour. of Acoust. Soc. Amer.* 66(3): 658-661.
63. Yamada, S. (1977) "Noise Reductin by Vegetation", *Proc. Internoise* 77: 599-606.