

## 수목의 소음감쇄효과<sup>1\*</sup>

김성일<sup>2</sup> · 오동하<sup>2</sup>

## Noise Attenuation Effects of Trees<sup>1\*</sup>

Kim, Seong-il<sup>2</sup> and Dong Ha Oh<sup>2</sup>

### 요 약

본 연구는 다양한 유형의 수림대가 갖는 소음감쇄효과를 측정하기 위하여 수행되었다. 차량통행이 빈번한 도로변 6개 조사지를 대상으로 측정한 결과 수림대의 소음감쇄효과를 확인하였다. 도로로부터 1m와 10m 상의 최대음압도의 차이는 10-15dB로 수림대의 속성에 따라 다소간의 차이를 보이고 있다. 초지를 대조구로 비교하였을 때 조사지 중에서 음압도의 최대차이는 밀생한 관목림에서 보이는 5 dB 수준이다. 도로로부터 상향 경사면에 위치하는 조사지의 경우에는 오히려 대조구보다 소음감쇄 정도가 미미하였다.

연구를 통하여 분석된 제한된 정보와 국내외의 이전 연구결과를 토대로 단층 건물 주변의 10m 폭 방음수림대의 적절한 유형을 제시한다면 최소 3m 폭, 2m 수고의 밀식된 관목수림대와 앞뒤로 각각 3 m 폭의 부드러운 초지의 구성을 들 수 있다. 위의 처방은 본 연구의 결과로 유추하여 볼 때 소음원 으로부터 발생하는 음압도를 15dB 이상 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

### ABSTRACT

To investigate the noise attenuation effects of various vegetation configurations, noise levels on 6 study sites along relatively heavy traffic roads were measured. The differences between noise level measures at 1m and 10m spots from the road range from 10 to 15dB depending upon the attributes of the vegetation. When flat grass land was set to control plot, the maximum noise attenuation at 10m spot was measured at the densely planted shrubs with 5dB difference. The areas on upward slope from the road showed the least attenuation effects.

Based on the study results, an appropriate setting for low level residential area noise buffer belt would be densely planted shrubs with at least 3m width and 2m height. To be effective, 3m width soft areas covered with grasses are needed at the front and behind sides of the belt. More than 15dB of the noise level caused by the road traffic would be attenuated with the prescription.

*Key words* : noise attenuation, vegetation buffer, noise level

<sup>1</sup> 接受 1994年 6月 7日 Received on June 7, 1994.

<sup>2</sup> 서울대학교 농업생명과학대학 산림자원학과 Dept. Forest Resources, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Suwon, 441-744, Korea

\* 본 연구는 1992년 한국과학재단의 연구비 지원으로 수행된 연구내용 중 일부임

서 론

오늘날 인간은 여러 종류의 환경공해로부터 피해를 받고 있다. 이 중에서 소음공해는 그 발생 특성상 한번 발생하면 극히 단시간내에 소멸되기 때문에 다른 유형의 공해에 비하여 심각성에 대한 인식이 비교적 낮은 편이다. 최근에 이르러 소음공해에 대한 인식의 변화로 환경보전법(시행규칙 제 7호)에서는 쾌적한 생활환경보전과 인간의 건강을 보호하기 위하여 유지되어야 할 소음환경기준을 제시하기에 이르렀으며(주거, 준주거 지역의 경우 45-55dB Leq(A)), 도로법(51조)에서는 연도지역내의 풍치유지 또는 위생상 특히 필요하다고 인정될 때에는 조림 기타 풍치유지상 필요한 조치를 할 수 있도록 되어 있다. 건설부령(402호)은 소음측정기준에 의하여 65dB(A) 이상인 지점에 공동주택을 건설할 경우 소음원로부터 50m 이상 격리시키거나 방음벽, 수림대 등의 방음시설을 설치하여야 함을 요구하고 있다.

소음공해의 근본적인 대책은 발생원에 대한 규제 혹은 기술적 처방으로부터 시작되어야 하나 현실적으로는 음원대책 실행이 불충분하다. 특히 교통소음의 경우에는 자동차의 주요한 소음원인 타이어 소음과 같이 근본적인 대책수립에 현재 수준의 과학기술로 해결하지 못할 한계를 갖고 있다.

소음공해감소를 위한 대안으로 소음의 공간확산을 저지하여 수음자측의 소음을 완화시키는 방음벽, 창 등의 시공이 일반적으로 채택되고 있다. 최근에 들어서는 산림과 수림대의 방음기능이 산림의 공익적 기능 중의 하나로 새로운 주목을 받고 있다. 수림대가 도시의 도로교통소음을 감쇄시키는가에 대한 논의는 40여년전 Eyring(1946)의 연구로부터 시작되었으나 아직도 수목의 소음감쇄효과에 대한 명쾌한 이해가 확립되고 있지 않으며 이에 대한 반론의 여지도 남아있다.

본 연구는 첫째, 기왕의 연구결과를 통하여 수목의 소음감쇄효과(noise attenuation effect)에 대한 체계적인 정리작업을 수행하고, 둘째, 실험실 상황이 아닌 실제 도로주변에서 다양한 유형의 수림대에 대한 소음감쇄효과를 측정하며, 셋째, 분석결과에 근거하여 도시의 소음감쇄를 위한 적절한 방음수림대의 조성대안을 제시하기 위

하여 수행되었다.

수림대의 방음기능

파나마의 밀림에서 소음의 감쇄를 측정했던 Eyring(1946)의 최초의 연구로부터 1m폭 이하의 수벽(Whitcombe & Stowers, 1973)에서 1000ft 이상 폭의 혼효림(Reethof, 1973)까지의 다양한 식생에 대해 인위적 소음원(스피커)을 이용한 많은 측정이 이루어져 왔다. 이들(Eyring 1946; Wiener & Keast, 1959)은 소음의 주파수가 클수록 소음감쇄가 증가한다고 생각했다. 이후의 연구는(Embleton, 1963; Aylor, 1972; Carlson 등, 1977; Martens, 1984) 저주파수(250-500 Hz)에서 최대의 감쇄를 발견했으며, 중주파수대의 'acoustic window'에서는 거의 감쇄효과가 존재치 않고, 고주파수(2000Hz 이상)에서 두번째로 높은 감쇄효과를 보고하고 있다. 이에 대한 설명은 다음 부분에 논의되지만, 감쇄효과는 특정 주파수 혹은 알려져 있는 주파수 분광에 관련되어짐을 의미한다.

주파수 뿐만 아니라 많은 인자들이 소음감쇄의 측정기준에 영향을 주며, 측정방법도 다양하여 연구간 비교가 용이하지 않다. 예를 들면, Embleton(1963)은 소음원을 식생의 3m 외곽에 설치한 측정치와 개활지의 측정치를 비교했다. Wiener와 Keast(1959)는 소음원을 식생 안쪽에 설치하였을 경우의 감쇄측정치와 방향 지점의 소음원에 대한 개활지 감쇄측정치를 비교했다. 대부분 현지연구는 점음원(point source) 혹은 단극을 이용하여 파두면이 동심원인 반면에 연속적인 교통 흐름의 경우에는 대개 원주모양으로 퍼지며 소리 에너지의 출처가 선음원(line source)이라는 점에서 차이가 있다. 파두면을 따라 퍼지는 에너지의 확산으로 야기되는 자연적인 감쇄 이외에 기타 환경적 요인에 의한 감쇄를 '초과감쇄(excess attenuation)'라고 칭한다. 초과감쇄를 야기시키는 대표적인 생물장벽인 식생은 공기, 토양, 수간, 가지와 앞으로 구성된 복합체이다. 식생에 의한 소음감쇄를 위해 제시되어 온 기작 중에는 지면 효과, 토양표면과 잎표면의 공기 경계층에서 thermoviscous 흡수, 수간, 가지, 잎 그리고 가지의 진동에 의한 분산이 있다. 이러한 기작은 여러 학자들에 의해서 실증적 혹은 물리

적 모델을 통한 야외실험, 실내실험과 수학적 모델에 의하여 조사되어 왔다.

식생에 의한 소리의 감쇄는 가청 주파수 범위에서 일정치 않고 저주파수와 고주파수에서 최대효과를 나타낸다. 저주파수는 지표효과 때문이라고 인정되는 반면에, 고주파수는 식생때문이라는 것이 일반적인 통설이다.

지표효과에 대한 연구결과(Aylor, 1972(a); Embleton, 1982; Parkin & scholes 1964, 1965) 저주파수 영역의 감쇄효과는 소리에너지간의 간섭작용과 지면에 의한 반사파에 기인한다. 이에 따른 상쇄현상은 복잡하지만, 일반적으로 특정 주파수에서 감쇄효과를 그외의 주파수에서는 증폭효과를 야기시킨다. 예로 500Hz-2KHz 범위에서 현저한 감쇄효과를 관찰할 수 있다.

식생에 의한 소리의 감쇄는 흡수(absorption)와 분산(scattering)의 과정에 기인한다. 이들의 상대적 중요성, 여러 요소(가지, 잎)의 기여정도, 관련 세부기작은 다수의 연구에 의하여 조사되어 왔다.

Embleton(1963)은 수목의 수간과 가지가 음영역의 활동에 의해 강제 진동자 역할을 할 수 있다고 제시했으나 이론적 연구와 실질적 관찰 후에 공명흡수현상이 그의 결과를 정확히 설명할 수 없었다고 결론을 내리고 있다. Aylor(1972(a))는 부분적으로 수확된 옥수수밭과 북미산 솔송나무, 소나무류, 활엽수림 속에서 관찰했다. 옥수수밭 속에서의 관측결과 식물밀도(지표 단위지역당 잎과 수관을 포함한 식물의 수)가 특히 고주파수의 감쇄에 중요한 인자임을 보이고 있다. 마찬가지로 활엽수림에서 겨울과 여름동안 측정된 관측은 고주파수에서 감쇄차이를 보여주어 잎의 역할을 확인하고 있다.

Aylor는 Embleton에 의해 제시된 소리에 의한 진동자 효과는 무시해도 좋을 것이라는 반론을 제시하고 있다. 왜냐하면 잎과 침엽 모두 자연상태에서 가장 낮은 진동상태의 주파수도 소음의 주파수보다 더 낮기 때문이다. Aylor의 이론적 분석은 소음감쇄 효과가 식생 표면 경계층의 점성 혹은 온도에 기인한다는 설명이 부적절함을 나타내고 있다. 잎의 분산을 설명하기 위한 그의 수학적 모델은 실험적인 증거에 의해 확인되었으며, 그 모델은 엽면적 밀도와 주파수의 증가로 소음감쇄의 증가를 예시했다. 유사하게 수간과

줄기에 의한 분산의 이론적 예측이 실증적 관찰 결과와 일치하는데 분산효과는 수간반경에 비교해서 소리 파장이 길면 무시해도 좋다는 것이다. Aylor는  $2\pi a/\lambda > 1$  ( $a$ =수간반경,  $\lambda$ =소리파장) 일 때 분산이론에 의해 예측된 소음감쇄는 실측치와 같다고 설명하고 있다. 즉, 6cm의 수간반경은 1000Hz 혹은 그 이상의 소리를 분산시키는 반면에 60cm 수간반경은 100Hz 이상 주파수를 분산시킨다는 말이다.

Martens(1984)은 무반향실 속에서 잎의 소리에 관한 영향을 연구했다. 그는 중주파수(1000 Hz 내외)에서 잎이 소음을 증폭시켜 동물들의 소리를 통한 의사소통에 중요한 인자라는 흥미로운 결과를 발견했다. 대조적으로 고주파수에서는 식물 잎은 소음 여파작용을 하는데 여러 수종으로부터의 분석결과, 잎의 최대 간격이  $1/2\lambda$ 와  $\lambda$  ( $\lambda$ =소리의 파장) 사이에 있을 때 감쇄가 나타난다는 것을 발견하였다(3-6cm의 최대 엽간격에서 6000Hz의 감쇄가 발생). 음 영역에서 잎 진동을 laser-doppler 진동계를 사용해서 측정한 결과 주변 공기의 진동보다 삼승분의 1만큼 작다는 것을 발견했다. 이것은 잎에 도달하는 소량의 소리에너지만이 잎을 진동시키며 나머지는 잎주위에서 반향되거나 분산됨을 뜻한다. Martens은 잎으로부터 소리에너지의 재방출이 매우 적으며, 잎 진동을 야기한 소리에너지는 열로 변환된다고 주장하였다.

Price(1986) 등에 의한 연구도 고주파수음을 감쇄시키는 잎의 중요성을 확인하고 있다. 여름의 고주파수 최대감쇄효과가 동일지역에서 낙엽 관목의 잎이 없는 겨울에 감소함을 발견했다. 저주파수 지표영향, 수간에 의한 분산, 수목지의 기타 요소들에 의한 분산과 흡수를 예측하는 각각의 개별 모델들을 제시한 바 있다.

소음원으로서 도로 교통이 이용된 소수의 연구 중에서 Cook과 Van Haverbeke(1971)은 트럭 소음을 기록해서 수림대의 감쇄효과를 측정하여 100ft 폭의 수림대가 같은 폭의 수목이 없는 지대보다 8dB 이상 감쇄가 나타난다는 것을 밝혀내고 있다. 이와 유사하게 Reethof(1973)는 화물자동차 소음을 이용한 연구결과로부터 100ft폭의 수림대에 의해 8dB 이상의 소음감쇄를 예측하였다. 위에 언급한 두 연구의 공통적인 문제는 일단 녹음된 소음이 선음원보다 점음원으로서 작용

을 하며, 트럭 소음은 일반적인 교통소음보다 저주파 영역에 속한다는 것이다. 그러므로 이러한 연구의 결과는 실제 교통 소음상황과 직접적인 비교가 어렵다고 볼 수 있다.

Kragh(1981)는 실제 교통을 소음원으로 기존의 연구보다 좁은 수림대를 사이에 두고 12-15분간 Leg(등가소음도, equivalent noise level)로 소음 정도를 측정했다. 측정된 3m폭의 밀집한 침엽수림대의 최대 감쇄는 대조구인 초지에 비하여 5dB(A)Leg였다(교통량이 반감될 경우 약 3dB(A)의 감쇄가 발생). Cook과 Van Haverbeke, Reethof의 연구결과와 비교해서 Kragh에 의해 관찰된 높은 감쇄율은 소목의 밀생식생의 효과에 기인하는 것으로 보인다.

**연구방법 및 자료수집**

**1. 연구방법**

식생의 소음감쇄 효과를 평가하기 위하여 도로에 인접한 다양한 식생으로 구성된 조사지에서 도로교통 소음을 이용한 측정이 시도되었다. 측정방법은 ISO(International Standardization Organization)의 기준에 준하였으며 소음의 정도는 음압도(dB)와 등가소음도(Leq)를 사용하였다.

**1) 음압도 dB(decibel)**

소리는 본질적으로 대기의 작은 압력의 변화를 귀의 고막에 의하여 감지하는 현상이다. 일반적으로 인간의 가청구역은  $2 \times 10^{-5}$  Newton/m<sup>2</sup>에서 200 Newton/m<sup>2</sup>까지 광범위하기 때문에 압력 자체는 소리의 크기의 측정으로 사용되기 곤란하다. 대안으로 기준음의 세기(intensity)에 대한 특정음의 세기를 log화한 척도 즉 deciBel을 사용한다.

$$L_p = 10 \log\left(\frac{P^2}{P_0^2}\right) = 20 \log\left(\frac{P}{P_0}\right)$$

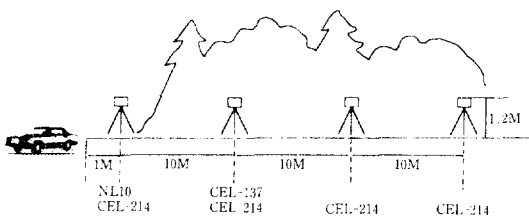


Fig. 1. Location map of sound level meters.

이때  $p_0$ 는 최저가청 압력이다. 따라서 dB 척도의 장점은 넓은 범위의 음압을 작은 범위의 숫자로 바꾸는 것이므로 10<sup>7</sup>의 차이를 보이는 가청 압력이 140dB의 차이로 줄어든다.

**2) 등가소음도(equivalent noise level)**

시간의 흐름에 따라 불규칙하게 변화되는 비상 소음의 양을 하나의 지수로 표현하기 위하여 가장 보편적으로 사용되는 방법이 음향에너지 평균에 바탕을 둔 등가소음도이다. 시간에 따라 변화하는 음과의 경우에 등가소음도는 개념적으로, 단위시간 Δt에 포함된 소음의 에너지를 토대로 전시간 t<sub>1</sub>과 t<sub>2</sub>사이의 총에너지를 구하고 이를 시간의 길이로 나누어 얻은 소음의 평균세기를 일컫는다. 이와 같이 정의된 등가소음도는 정해진 시간폭 T에 대하여 일정한 수음도를 나타내나 시간폭의 변화에 따라서는 상이한 값을 갖게된다. 따라서 등가소음도를 사용할 때는 반드시 설정된 시간폭을 Leq(T)로 명시하여야 한다.

**2. 자료수집**

1992년 6월 24일과 25일의 양일에 걸쳐 6개소의 조사지에서 시행된 측정에 사용된 기기와 조사지 개황은 다음과 같다.

**1) 사용기기**

- Rion사의 Precision integrating sound level meter NL-10(1대)
- CEL사의 Precision sound level meter CEL-187(1대)
- CEL사의 Impulse sound level meter CEL-214(4대)

NL-10과 CEL-187은 Leq의 측정에 CEL-214는 설정된 단위시간간의 최대dB의 측정에 사용되었다. 현장측정에 사용되기 전에 CEL사 제품은 동회사의 CEL-184 Calibrator를 이용하여 정확도를 검사하였고 NL-10의 경우는 자체 검사를 통하였다. 현장측정시에 소음계의 이동성은 "Fast"에 고정시켰으며 청감보정회로는 "A특성"을 사용하였다.

**2) 측정방법**

그림 1과 같이 도로변 1m 외곽의 삼각대에 1.2m의 높이로 설치된 NL-10과 도로변 10m 거리에 동일한 요령으로 설치된 CEL-187에서는 5분간의 Leq(5)가 측정되었으며 도로변 1m, 10m, 20m, 30m 지점에 1.2m 높이로 설치된 CEL

-214에서는 설정된 5분동안 매 1분간의 최대 dB가 측정되었다. 자료의 신뢰성을 높이기 위하여 위의 측정이 2회 반복 실시되었다. 음압도가 측정되는 동일한 5분간에 차량통과대수가 소형차와 대형차로 나뉘어 조사되었다.

### 3) 조사지 개황

조사지 1. 아카시, 리기다소나무 혼효림(수인산업도로)

도로는 4차선으로 도로변에 폭 3.5m 정도의 도랑이 있고 그 뒤에 50m 정도 폭의 아카시, 리기다소나무 혼효림대가 있다. 수고는 12-14m 정도이고, 흉고직경은 20-25cm이다. 지표에는 10-20cm 정도의 풀이 불규칙하게 자라고 있다.

조사지 2. 버드나무, 관목림(수인산업도로)

도로는 4차선으로 도로변에는 일렬로 6-7m 간격으로 수고 14-16m, 흉고직경 35-40cm의 버드나무가 있으며, 폭 3.5m 정도의 도랑이 있고, 그 뒤에 주목, 향나무가 2m 간격으로 심어져 있다. 수림대의 폭은 50m, 수고는 2-3m, 흉고직경은 5-7cm이다. 25m 지점에 향나무로 아주 밀한 수벽이 형성되어 있다. 지표에는 식생이 없다.

조사지 3. 나지(수원-신갈도로)

도로는 5차선으로 도로변은 수림대가 형성되어 있지 않고 10m 지점까지는 높이 20-30cm의 초지로 되어 있고 그 뒤에는 나지로 토양은 밭토양이다. 이 조사지는 대조구로서 선택되었다(Kragh(1981)의 연구결과와 비교하기 위하여 초지를 선택).

조사지 4. 개나리관목림(수원-발안도로)

도로는 2차선으로 도로변에서 2m 지점에 폭 1.5m, 길이 70m, 높이 2m의 아주 밀한 개나리관목림이 있다. 관목림 뒷편에는 높이 1m 정도의 옥수수밭이 존재한다.

조사지 5. 리기다소나무림(수원-발안도로)

도로는 2차선으로 도로변에는 폭 7m의 초지가 있고, 그 뒤로 식재간격 4-5m, 수고 15-16m, 흉고직경 17-25cm의 리기다소나무림이 있다. 하층림으로 수고 2-2.5m의 아카시나무가 불규칙하게 있다. 지표는 높이 20-25cm의 초지가 있으며, 경사도는 약 9이다.

조사지 6. 밤나무림(수원-발안도로)

도로는 2차선으로 도로변에는 폭 3m의 초지가 있고, 그 뒤로 식재간격 4-5m, 수고 9-12m, 흉

고직경 10-15cm의 밤나무가 불규칙적으로 아주 밀하게 분포하고 있다. 지표는 20-25cm 정도의 초지와 낙엽으로 덮혀있고, 경사도는 약 9°이다.

## 결과 및 고찰

### 1. 도로교통량과 도로변의 등가소음도

표 1은 각 조사지의 교통량과 도로변 등가소음도를 나타내고 있다. 교통량이 가장 많은 곳은 조사지 2로서 시간당 1,600여대의 차량이 통과하고 있다. 그 다음은 조사지 1로서 시간당 1,300여대의 차량이 통과하고 있다. 교통량이 적은 곳은 조사지 5와 조사지 6으로 시간당 530여대의 차량이 통과하였다. 소형차의 경우 조사지 2에서 교통량이 가장 많았고, 조사지 6에서 적었으며, 대형차의 경우 조사지 2에서 많았고, 조사지 5에서 가장 적었다.

표 1에 보여지는 바와 같이 도로변의 등가소음도(5분)는 교통량에 의하여 가장 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 동일한 상황에서는 대형차의 통행량이 많을 경우 소음도가 높게 나타났다. 그러나 5분간의 통행량이 100대 미만인 대상지에서는 소음도의 변화가 관측되지 않고 있다. 본 연구의 제한된 자료로는 이 현상을 설명하기가 불가능하다.

### 2. 거리별 최대소음도의 감쇄

그림 2에서 그림 7은 매분당 거리별로 측정된 최대음압도(max dB)를 각 조사지별로 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 거리가 증가할수록 최대음압도는 낮아지지만 소음감쇄의 추세는 줄어든다. 그러나 부드러운 잎과 가지를 드리우는 버드나무와 그 뒤로 낮은 수고의 수목이 반쳐주고 있는 조사지 2의 경우 도로로부터 거리가 멀어짐과 관계없이 지속적인 최대음압도의 감쇄를 관찰할 수 있다. 다른 5개의 조사지가 관목 혹은 교목만으로 구성된 데 반하여 관목과 교목이 혼합된 유형의 수림대가 가장 효과적인 사실을 알 수 있다.

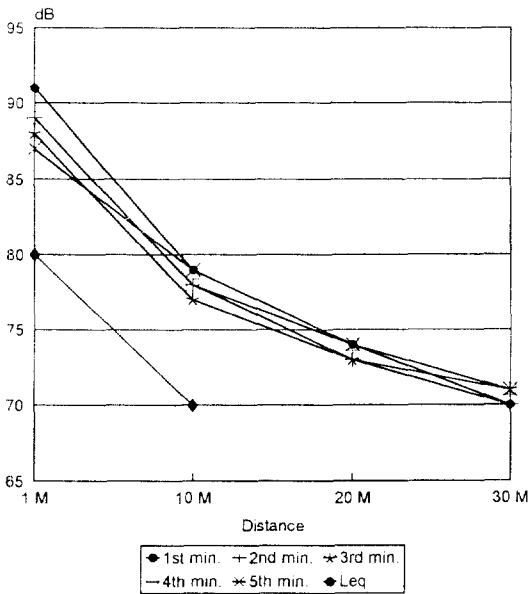
개나리가 1.5m 폭으로 밀식되어 있는 조사지 4의 경우, 10m 지점에서의 소음감쇄 효과가 기타 조사지에 비하여 가장 커다란 것(5dB 감소)으로 나타나고 있다. 비교적 잘 조성되어 있는 교목 수림대보다 감쇄효과가 큰 이유는 본 조사

**Table 1.** Traffic volume and roadside Leq(5)

		traffic volume (5 min)			Leq(5)
		small car*	large car*	sum	
site 1	repeat 1	57	44	101	79.9
	repeat 2	63	49	112	79.1
site 2	repeat 1	69	59	128	83.9
	repeat 2	62	76	138	82.6
site 3	repeat 1	53	27	80	76.8
	repeat 2	50	28	78	75.4
site 4	repeat 1	43	14	57	77.2
	repeat 2	34	26	60	76.5
site 5	repeat 1	21	11	32	76.3
	repeat 2	37	20	57	77.0
site 6	repeat 1	22	21	43	77.4
	repeat 2	23	21	44	77.7

\* small car : less than 9 seat car

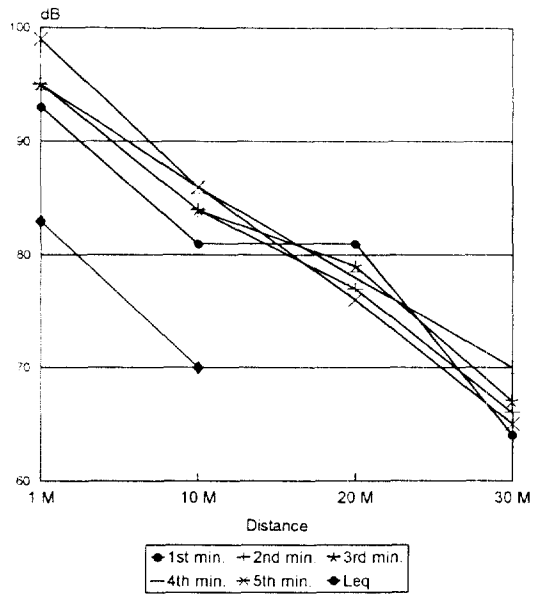
large car : more than 9 seat car and truck with 1 ton and more loading cap.



**Fig. 2.** Leq and Max dB in Site 1

에서 사용된 측정기의 설치위치가 1.2m로 제한되어 있기 때문이다. 교목 수림대의 지하고가 3-4m로 볼 때 위의 결과는 다층주택의 주민을 수음자로 상징할 때 적용이 적절하지 못한 것이다. 조사지 4에서 20m 지점의 감쇄효과가 현저히 감소하는 것은 음파의 회절효과로 판단된다.

그림 8은 각 조사지별 최대음압도의 감쇄효과를 나타낸 그림이다. 앞에서 언급된 바와 같이 10m 지점에서 소음감쇄효과가 가장 크고, 거리



**Fig. 3.** Leq and Max dB in Site 2

가 멀어질수록 소음감쇄효과는 줄어드는 것을 볼 수 있다. 도시내에 10m 폭이상의 방음수림대를 설치하는 것이 불가능한 것으로 보이는 우리의 현실에서 위의 결과는 오히려 다행스럽게 보이기도 한다.

### 3. 등가소음도의 감쇄

등가소음도는 도로로부터 1m와 10m지점에서만 5분간 측정되었다(표 2). 그 이유는 앞에 언

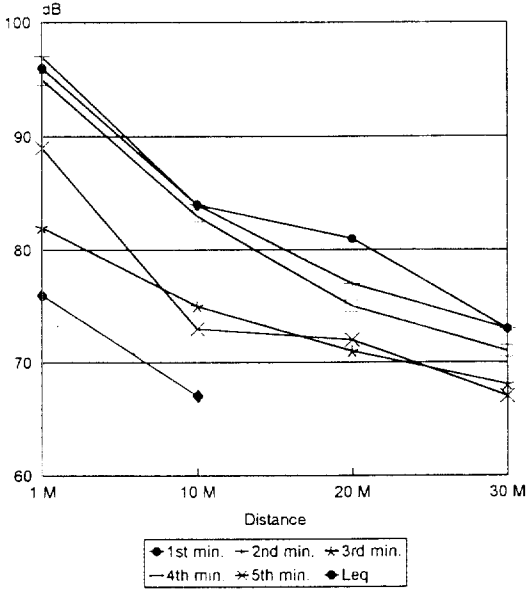


Fig. 4. Leq and Max dB in Site 3

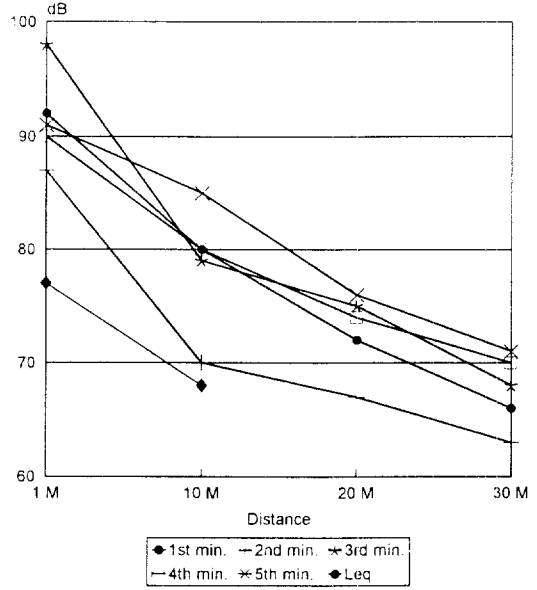


Fig. 6. Leq and Max dB in Site 5

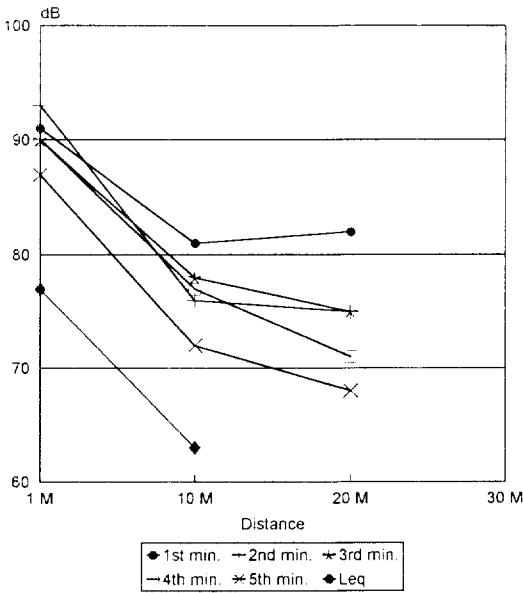


Fig. 5. Leq and Max dB in Site 4

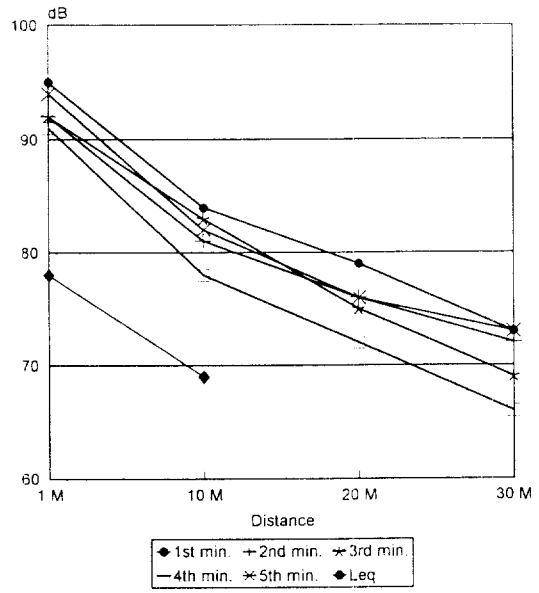


Fig. 7. Leq and Max dB in Site 6

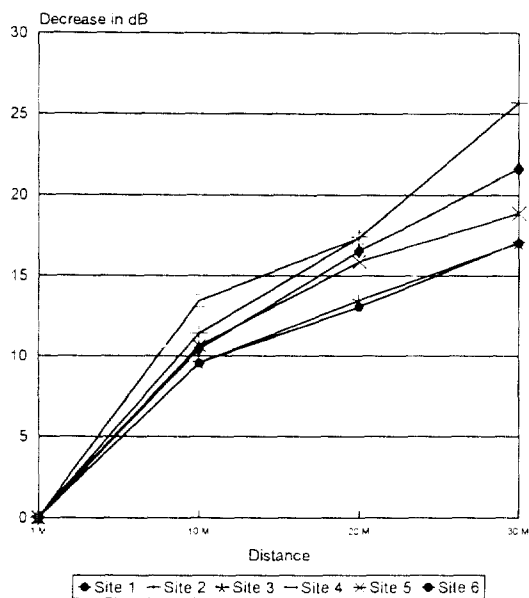


Fig. 8. Noise Attenuation (Max dB)

급된 바와 같이 10m 이상의 수림내 설치는 현실성이 없다고 판단되었기 때문이다. 소음감쇄효과가 가장 큰 곳은 조사지 4인 개나리관목림으로 13.6Leq(5)이고, 다음은 주목, 향나무림인 조사지 2로 12.6Leq(5)이다. 효과가 가장 적은 곳은 조사지 5인 리기다소나무림이다. 조사지 5와 조사지 6은 대조구인 조사지 3보다 감쇄효과가 적은데 이는 이들 조사지가 경사져 있기 때문인 것으로 생각된다. 조사지별로 대조구(조사지 3)와 비교하여 보면, 개나리관목림은 4.1Leq(5), 향나무/관목림은 3.1Leq(5) 정도 감소하였다. 이는 Kragh(1981)가 발표한 3m 폭의 밀생한 침엽수림대와 초지 대조구의 차이 5dB보다는 다소 낮은 값이다.

결론 및 제언

본 연구는 다양한 유형의 수림대가 갖는 소음

감쇄효과를 측정하기 위하여 수행되었다. 경기도 수원시 주변의 차량통행이 빈번한 도로변 6개 조사지를 대상으로 측정한 결과 수림대의 소음감쇄효과를 확인하였다. 도로로부터 1m 지점과 10m 상의 최대음압도의 차이는 10-15dB로 수림대의 속성에 따라 다소간의 차이를 보이고 있다. 10m 보다 먼 거리에서 감쇄 추세는 일반적으로 거리가 증가함에 따라 감소하며 자연발생적인 감쇄를 제외한 초과감쇄효과는 전반적으로 예상보다 낮게 나타났다.

초지를 대조구로 비교하였을 때 조사지 중에서 음압도 최대차이는 밀생한 관목림에서 보이는 5 dB 수준이다. 도로로부터 상향 경사면에 위치하는 조사지의 경우에는 오히려 대조구보다 소음감쇄 정도가 미미하였다. 일반적으로 낮은 수고의 수목이 지하고가 높은 교목보다 감쇄효과를 보이는 것으로 분석되었는데 이는 관측점의 높이를 가슴높이로 제한하였기 때문으로 판단된다.

연구를 통하여 분석된 제한된 정보와 국내외의 이전 연구결과를 토대로 단층 건물 주변의 10m 폭의 방음수림대의 적절한 유형을 제시한다면 최소 3m 폭, 2m 수고의 밀식된 관목수림대와 앞뒤로 각각 3m 폭의 부드러운 초지의 구성을 들 수 있다. 초지와 수림의 혼합구성이 필요한 이유는 언급된 바와 같이 수림대는 중/고주파수의 소음을, 초지는 저주파수의 소음감쇄에 역할을 차별적으로 담당하기 때문이다.

위의 처방은 본 연구의 결과로 유추하여 볼 때 소음원으로부터 발생하는 음압도를 15dB 이상 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다(그림 8 참조). 이때 15dB는 자연발생적인 감쇄와 초과감쇄를 모두 포괄하는 수치이다. 건설부령에 명시되어 있는 방음시설 설치가 필요한 최소 소음수준인 65dB의 경우 위의 처방에 의하여 도로 밖 10m 지점의 소음수준을 주거/준주거지역의 적정 소음수준인 50dB 이하로 낮출 수 있게 된다. 본 연구에서 측정되지는 않았으나 수음자의 위치가

Table 2. Leq(5) at 1m and 10m from road

	Leq(5) 1m (A)	Leq(5) 10m (B)	(A)-(B)	diff. from site 3
site 1	79.5	69.1	10.4	0.9
site 2	83.25	70.65	12.6	3.1
site 3	76.1	66.6	9.5	control area
site 4	76.85	63.25	13.6	4.1
site 5	76.65	68.35	8.3	-1.2
site 6	77.55	68.6	8.95	-0.55



높을 경우(다층건물) 위와 동일한 구성에 관목을 덮는 2열의 침엽교목을 식재하여 소음의 회절을 막는 다단림을 조성할 때 더욱 효과적인 소음차단효과를 유도할 수 있을 것으로 판단된다.

그러나 본 연구에서 적절한 소음감쇄 수단으로 제시된 수림대는 조성에 걸리는 긴 시간, 높은 유지관리비, 그리고 토지의 확보면에서 경제성 효율성이 떨어진다는 지적이 가능하다. 예를 들어 Jackson(1979)은 방음수림대의 높은 설치 비용 때문에 현실성이 없다고 지적하고 있다.

기왕의 많은 연구에서 방음수림대의 커다란 편익은 물리적이기보다 오히려 심리적인 것이라고 밝히고 있다. Yamada(1977) 등은 바람에 흔들리는 잎들은 소음차단효과와 함께 시각적인 쾌감을 주어, 교통 소음 방지를 위한 적절한 대안이라고 제시하였으며 Fricke(1983)는 시각이 청각 반응에 크게 영향을 미치며 경우에 따라 10dB(A)만큼의 소음수준 감소 가치가 있을 것이라고 제시하고 있다. 도로 방음벽 조사에서 Scholes(1977)는 방음벽에 대한 거부반응과 자연스러운 관목 식재의 선호를 확인하였고, 5가지 고체 방음벽형의 선호 연구에서 Perfater(1979)는 많은 경우에서 방음벽 외관이 교통소음 감소 능력으로서 뿐만 아니라 외관자체로서도 아주 중요하다는 사실을 보고하고 있다.

위에 언급된 많은 연구결과는 수목의 소음감쇄효과가 단순히 물리적인 측정에 의하여 규명될 수 있는 것이 아니라, 심리적인 측면의 고려가 반드시 뒤따라야 함을 확인하고 있다.

## 인 용 문 헌

1. 김용식·장호경·김예현. 1989. 조경수목의 소음감쇄효과에 관한 연구. 한국임학회지, 78(1) : 30-34.
2. 건설부. 1988. 도로환경영향 평가 및 보전시설에 대한 조사. p.385.
3. Aylor, D. 1972a. Noise reduction by vegetation and ground, J. of the Acoustical Society of America, 51(1) : 197-205.
4. Aylor, D. 1972b. Sound propagation in relation to leaf density, leaf width and breadth of canopy. J. of the Acoustical Society of America, 51(1) : 411-414.
5. Bullen, R. and Marks, L.E. 1982. Sound propagation through barriers. J. of the Acoustical Society of America, 80(1) : 11-23.
6. Burns, S.H. 1979. The absorption of sound by pine trees. J. of the Acoustical Society of America, 65(3) : 658-661.
7. Carlson, D.E., McDaniel, O.H. and Reethof, G. 1977. Noise control by forests. Inter-noise 77. International conference on noise control engineering. pp.B576-B586.
8. Cook, D.I. 1981. The role of plant materials in traffic noise control. Transportation Research Record, 789, 35-40.
9. Cook, D.I. and Van Haverbeke, D.F. 1971. Trees and shrubs for noise abatement. USDA FS Research Bulletin 246.
10. Cook, D.I. and Van Haverbeke, D.F. 1974. Tree covered landforms for noise control. USDA FS Research Bulletin 263.
11. Cook, D.I. and Van Haverbeke, D.F. 1977. Suburban noise control with planting and solid barrier combinations. Nebraska University.
12. Embleton, T.F.W. 1963. Sound propagation in homogeneous deciduous and evergreen woodlands. J. of the Acoustical Society of America, 35(8) : 1119-1125.
13. Eyring, C.F. 1946. Jungle acoustics. J. of the Acoustical Society of America, 18(2) : 257-270.
14. Huddart, L. 1990. The use of vegetation for traffic noise screening. Transport and Road Research Laboratory, Research Report 238.
15. Jackson, G.M. 1979. A review of highway noise barriers. J. of the Institute of Highway Engineering, Nov 1979, 13-16.
16. Kragh, J. 1981. Road traffic noise attenuation by belts of trees. J. of Sound and Vibration, 66(3) : 407-415.
17. Langdon, F.J. 1976. Noise nuisance caused by road traffic in residential areas : part I. J. of Sound and Vibration, 74(2) : 243-263.
18. Marten, M.J.M. 1984. Foliage as a low

- pass filter : Experiments with model forests in an anechoic chamber. *J. of the Acousical Society of America*, 67(1) : 66-72.
19. New Scientist. 1983. Nature's barriers are best. March 1983. p.585.
  20. Parkin, P.H. and Scholes, W.E. 1964. The horizontal propagation of sound from a jet engine close to the ground at Radlett. *J. of Sound and Vibration*, 1, 1-13.
  21. Price, M.A., Attenborough, K. and Heap, N. 1986. Sound propagation results from three British woodlands. Paper presented at a workshop on 'Sound and propagation in forest and shelter belts', Netherland, 1986.
  22. Reethof, G. 1973. Effect of plantings on radiation of highway noise. *J. of Air Pollution Control Association*, 23(3) : 431-437.
  23. Whitcombe, C.E. and Stowers, J.F. 1973. Sound abatement with hedges. *Hortscience*, 8(2) : 128-129.
  24. Wiener, F.M. and Keast, D.N. 1959. Experimental study of the propagation of sound over ground. *J. of the Acousical Society of America*, 31(6) : 724-733.
  25. Yamada, S., Watanabe, T., Nakamura, S., Yokoyama, H. and Takeoka, S. 1977. Noise reduction by vegetation. *Internoise 77. Internation conference on noise control engineering*. pp.B599-B606.