

도시계획에서 소음지도 활용방안 연구

A Study on the Application of Noise Map in Urban Planning

고준희* · 장서일** · 이승일*** · 이창효****

Joon Hee Ko, Se Il Chang, Seungil Lee, Changhyo Yi

Key Words : Noise Map (소음지도), Noise Reduction (소음 저감), Urban Planning (도시계획), Compact City(압축도시)

ABSTRACT

Increasing population in the cities, it has been demanded that urban planner should consider environmental problem. In this regard compact city has been strongly suggested as an environmental urban form which can reduce energy consumption. However, compact city can also cause noise problem, because residential buildings have to be located near roads and railways. In order to solve this problem, it is necessary for urban planner to examine the types of roads and railways before they are established. Noise map is able to be useful tool for the task.

1. 서론

오늘날 산업사회가 진척됨에 따라 일부 대도시를 중심으로 도시로의 인구 유입이 가속화되면서 도시에는 많은 산업이 집중·집적되었고, 인구도 기하급수적으로 증가하여 왔다. 이에 따라 도시 내에는 유입된 인구와 산업을 위한 주거 및 교통시설이 증가 및 확충되어 왔으며, 이에 따른 여러 가지 환경적 문제가 제기되었다.

인구의 집중으로 인한 시설의 확충을 위하여 도시계획을 통하여 기성 시가지의 정비가 실시되기도 하였으나, 기존 도시에서 수용이 어려울 경우 인근에 신도시를 계획하여 대도시의 기능을 분산하기도 하였다.

기존 도시에서 발생하는 환경문제 중 소음문제는 대도시에서의 주요한 문제 중의 하나로 관심이 높아지고 있다. 환경부의 2003년도 통계자료¹⁾에 따르면 환경민원 중 약 70% 이상의 민원이 소음민원인 것으로 집계되었으며, 이는 소음으로 인한 문제가 향후 가장 민감한 문제가 될 것임을 예시하는 것이다. 이러한 점 때문에 소음문제는 기성도시의 정비뿐 아니라 신도시의 개발 시에도 중요하게 고려해야 할 것

이다. 본 논문에서는 도시계획수립 시에 주요한 소음 발생원인 교통소음을 저감하기 위하여 고려될 수 있는 도로 및 철도의 형태를 소음지도를 이용하여 그 저감량을 정량화 하였으며, 발생 소음도에 따른 기존도시의 정비계획 및 신도시의 개발계획에 있어서 도로변 토지이용에 대한 영향을 예측하였다. 소음으로 인한 영향을 도시계획단계에서 소음지도를 활용한다면 효율적인 저소음형 도시계획이 가능할 것이며, 향후 소음대책으로 인한 추가적인 비용을 저감할 수 있는 좋은 방법이 될 것이다.

2. 이론적 배경

2.1 도시계획에서 주요 도로계획의 방향

현대 친환경적 도시계획의 수립에서 중요시 검토하여야 하는 항목 중의 하나가 에너지 절약형 도시계획이라고 할 수 있다. 교통수단의 양적증가, 인구의 집중으로 인하여 발생하는 에너지소비의 증가는 환경문제로 발전되고 이러한 환경오염문제를 해결하기 위하여 에너지 절약형 도시계획이 제안되고 있다. 대도시에서 에너지의 상당부분의 소비는 교통수단에 의해서 소비되기 때문에 도시 공간구조와 교통량의 관계를 살펴보면 1980년을 기준으로 32개의 도시들을 대상으로 주민 1인당 소요면적과 교통으로 인한 연료의 소비의 관계에 대한 통계조사를 분석한 결과를 보면 로스엔젤레스와 같이 주거밀도가 낮은 도시는 에너지 소비비율이 높은 반면에, 홍콩과 같은 주거밀도가 높은 도시는 에너지 소비비율이 낮다²⁾ 는 연구결과가 있

* 서울시립대학교 대학원

서울시립대학교 환경공학부 부교수

** E-mail : schang@uos.ac.kr

Tel: (02) 2210-2177, Fax: (02) 2244-2245

*** 서울시립대학교 도시공학과 조교수

**** 서울시립대학교 대학원

다. 이러한 연구결과에 따라 주거밀도가 높은 도시는 도시 내에 이동거리가 줄어서 교통에너지의 소비량이 감소될 것이며, 이러한 이유로 인하여 도시기능이 높은 밀도로 밀집된 압축도시(Compact city)가 일반적인 에너지절약형 도시공간 구조로서 인식되고 있다³⁾.

이러한 압축도시(Compact city)의 공간구조에 있어서 다른 도시와의 연결되는 주요간선도로 및 고속도로의 건설이 이전의 도로의 배치와는 다르게 도심지에서의 교통 동선을 짧게 하기 위하여 도시 중심부 및 인접하여 위치할 필요성이 발생하는데 이는 도심지의 에너지 사용량을 줄이는 반면에 교통소음의 증가를 가져올 수 있어 이에 대한 대책으로서 다양한 형태의 도로의 형태를 이용하여 자연적인 소음의 감소를 기대할 수 있으며, 도시계획 시 도로 주변의 주거용 토지이용을 제한함으로써 효율적인 도시계획과 주거환경을 조성할 수 있다.

2.1 도로소음 예측식⁴⁾

· RLS90/DIN18005

독일의 RLS90은 점음원 예측방법을 사용하며 음의 확산, 지표감쇠, 차음, 반사등을 고려한다. 기준은 다음 두 가지로 구분된 모델을 사용하는데 음원모델과 전달모델이다.

음원모델

$$L_{m,E} = L_m(25, basic) + C_{Sp} + C_{Rs} + C_G + C_{Ref}$$

여기서 $L_m(25, basic)$ 는 소형차 100km/h, 대형차 80km/h의 속력으로 직선의 아스팔트 도로를 달릴 때의 소음도이며 다음과 같이 구한다.

$$L_m(25, basic) = 37.3 + 10 \log(M \times (1 + 0.082 \times P))$$

여기서 M은 시간평균교통량(veh/h)이나 일일평균교통량(ADT)를 말하고 P는 2.8ton이 넘는 차량의 비율을 말한다. C_{Sp} 는 차량 속도, C_{Rs} 는 노면의 종류, C_G 는 노면의 경사, C_{Ref} 는 다중반사의 효과에 의한 보정치이다.

전달모델

$$L_m = L_{M,E} + C_{SI} + C_S + C_{Ga} + C_{Sc}$$

여기서 $L_{M,E}$ 는 음원의 방사레벨이 되고 C_{SI} 는 도로구간의 길이, C_S 는 음의 확산, C_{Ga} 는 지표흡음과 기상의 영향, C_{Sc} 는 장애물에 의한 영향에 의한 보정치이다.

2.2 철도소음 예측식⁵⁾

· Schall03/DIN18005

독일의 Schall03/DIN18005는 열차의 종류, 길이, 속도, 궤도 종류등에 의해 계산되며 RLS90과 마찬가지로 음원모델과 전달모델로 구분하여 계산한다.

음원모델

$$L_{m,e} = 10 \log[\sum 10^{(0.1 \times (51 + D_e + D_d + D_l + D_v))} + D_i + D_r + D_c + D_a]$$

여기서 51dB는 열차의 기본소음이며 D_e , D_d , D_l 과 D_v 는

특정 열차에 따른 상수로써 D_e 는 열차의 종류, D_d 는 디스크 브레이크 차량의 비, D_l 은 차량의 길이, D_v 는 차량의 속도에 따라 결정된다. D_c , D_r , D_c , D_a 는 궤도에 따른 상수로써 D_c 는 궤도의 종류, D_r 은 다리(bridge), D_c 는 수준 교차(Level crossings), D_a 는 궤도 반경에 의해 결정되는 상수이다.

전달모델

$$L_{r,k} = L_{m,e,k} + 19.2 + 10 \log L_k + D_{l,k} + D_{e,k} + D_{BM,k} + D_{kor,k} + Boms$$

$L_{r,k}$ 는 k번째 레일구역에 의한 수음점에서의 소음레벨이다. $L_{m,e,k}$ 는 레일구역에서의 방사레벨이며 L_k 는 관측각안에 보이는 레일의 한 구역 길이이다. $D_{l,k}$ 는 음원의 방향성, $D_{s,k}$ 는 음의 확산, $D_{BM,k}$ 는 지형과 기상에 의한 감쇠, $D_{kor,k}$ 는 장애물과 반사체의 영향에 의한 보정값이다.

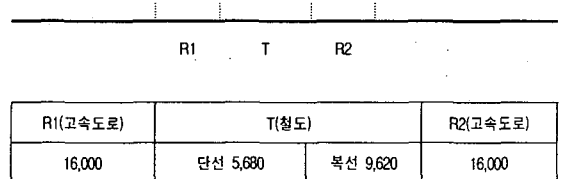
3. 연구방법

3.1 대상 도로형태의 선정

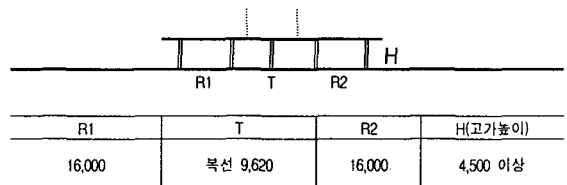
도시에서의 소음원은 여러 가지 형태의 소음원이 있을 수 있으나 가장 일상적이고 영향정도가 가장 큰 소음원은 차량 통행량이 많고 주행속도가 높은 주요 간선도로 및 고속화도로 및 철도이다. 이에 따라 도로 및 철도의 일반적이고 형태를 <Table 3.1-1>과 같이 선정하였다.

<Table 3.1-1> The types of roads and railways

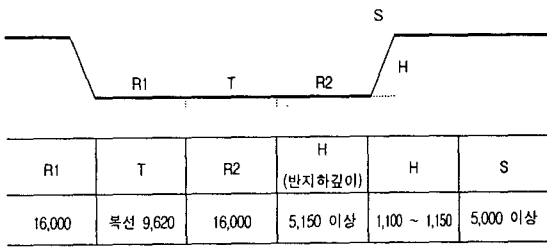
Types	Description
Type 1	Flat land type
Type 2	Elevated type
Type 3	Sunken type(slope type)
Type 4	Sunken type (right-angle type)
Type 5	Double Sunken type(slope type)
Type 6	Double Sunken type(right-angle type)



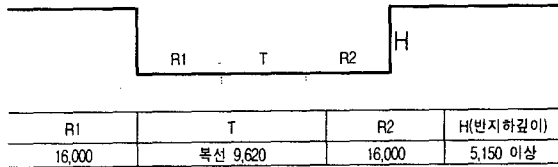
<Figure 3.1-1> The shape of type 1



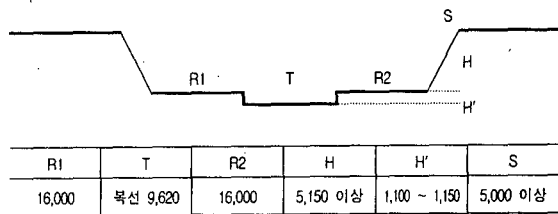
<Figure 3.1-2> the shape of type 2



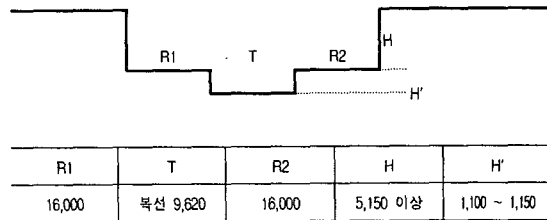
<Figure 3.1-3> the shape of type 3



<Figure 3.1-4> the shape of type 4



<Figure 3.1-5> the shape of type 5



<Figure 3.1-6> the shape of type 6

3.2 교통량 입력 조건

도로교통소음의 예측 사용된 교통량은 하루 시간평균 3348대/hr의 차량이 이동하는 것으로 예측하였으며, 이중 야간 교통량은 주간 교통량의 10%인 335대/hr를 입력하였으며, 대형차의 비율은 전체 27.6%를 예측 교통량으로 산정하였다.

철도 소음의 예측시에 사용된 철도운행 횟수는 6분에 1대 운행 하는 것으로 가정하였으며, 차량의 길이는 8량 160m, 하루 운행 대수는 주간 150대 야간 60대로 산정하였으며, 철도 소음의 예측에 사용된 식은 Schall03/DIN18005를 사용하여 예측을 실시하였다.

3.2 토지이용 분류 기준⁶⁾

현재 환경정책기본법중의 소음환경기준의 적용대상 지역은 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 의한 지역 구분을 기준으로 환경소음의 적용기준을 정하고 있는

실정이다. 이러한 지역구분별 소음도를 이용하여 토지이용지역을 구분하였다.

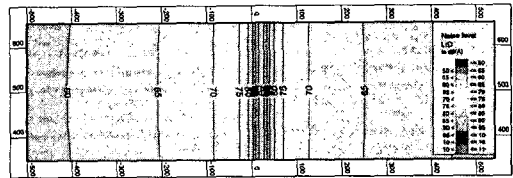
4. 연구 결과

본 예측에서는 소음제작 프로그램인 SoundPlan을 사용하여 예측을 하였으며, 각각의 도로형태에 대하여 평면의 소음지도와 수직의 소음지도를 나타내었다. 평면의 경우는 지상에서 1.2m에서의 소음지도이며 수직의 소음지도는 지상에서 150m까지의 소음지도를 표현하였다.

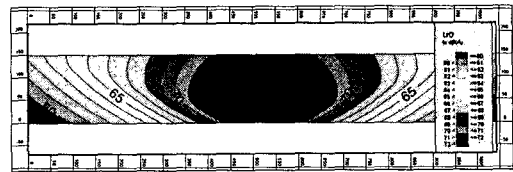
4.1 소음예측결과에 따른 적정 토지이용 선정

(1) Type 1

가장 일반적인 형태인 type 1의 평면형 도로에서의 수평 및 수직 소음지도는 다음과 같으며, 토지이용의 분류는 환경정책 기본법의 소음기준을 적용하여 토지이용을 분류하였으며, 도로변 지역의 설정은 도로 단으로부터 150m로 설정하여 도로변 지역과 일반지역을 구분하여 토지이용을 설정하였다.



<Figure 4.1-1> The noise grid map of type 1

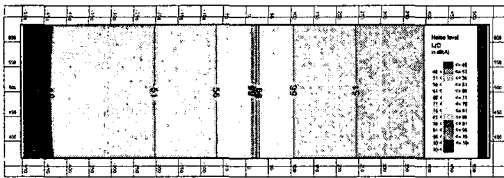


<Figure 4.1-2> The noise cross section map of type 1

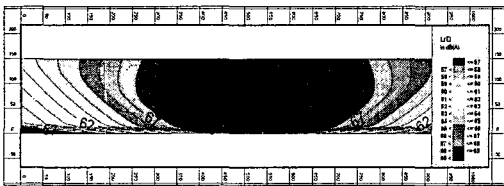
type 1의 경우 소음도에 따른 토지이용 가능 지역을 환경정책 기본법의 소음환경기준에 따른 분류하여 본 결과 도로 단에서부터 150m의 지역에서는 약 10층의 상업지역의 설정이 가능하며, 주거지역은 불가능한 것으로 예측되었다. 또한 일반지역의 경우에는 도로변에서 250m 지역은 7층의 상업지역이 가능하며, 350m지역에서는 약 30층의 상업지역, 400m 지역에서는 상업지역으로서 모든 층수가 소음도를 만족하는 것으로 조사되었다. 그러나 type 1의 경우 도로 단에서 500m 까지 일반지역의 주거지역으로는 토지이용을 사용할 수 없는 것으로 예측 되었다.

(2) Type 2

type 2인 고가형 도로에서의 토지이용은 type 1과 비슷한 소음 양상을 보이고 있으며 거리별 또는 수직 별 토지이용 가능 지역은 type 1과 비슷하게 예측이 되었다. 다만 type 1과 수직 소음도를 비교하여 보았을 때 지면부근의 소음도는 감소하나 수직 상층부일 수록 소음도가 증가하는 것을 볼 수 있다.



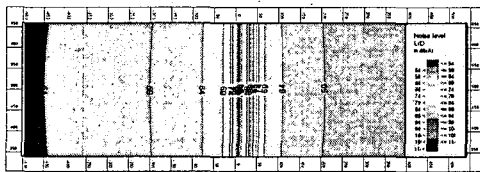
<Figure 4.1-3> The noise grid map of type 2



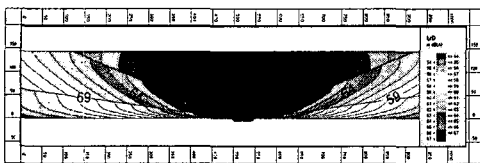
<Figure4.1-4>The noise cross section map of type 2

(3) Type 3

type 3 형태의 수평 및 수직 소음도 예측 결과 도로변 지역의 경계인 150m 지역에서 약 7층 높이의 주거지역과 150m에서 상업지역은 50층 이상의 건물이 가능한 토지이용지역으로 예측되었으며, 일반 지역에서의 주거지역은 450~500m 지역에서 3~7층의 건물이 가능한 토지이용으로 분류되었다.



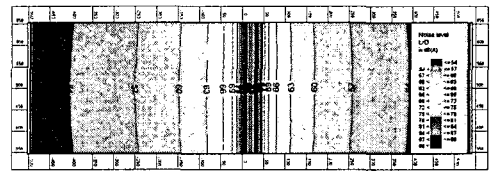
<Figure 4.1-5> The noise grid map of type 3



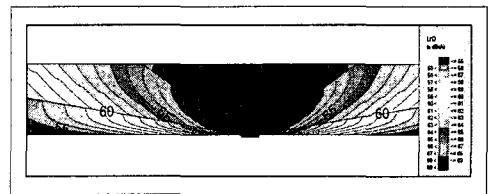
<Figure4.1-6>The noise cross section map of type 3

(4) Type 4

Type 4는 Sunken type (right-angle type)의 형태로서 수평 및 수직 소음도 예측 결과 도로변 지역의 경계인 150m 지역에서 약 7층 높이의 주거지역과 150m에서 상업지역은 50층 이상의 건물이 가능한 토지이용지역으로 예측되었으며, 일반 지역에서의 주거지역은 450~500m 지역에서 3~7층의 건물이 가능하며, 수평거리 200m지역은 30층, 250m부터는 50층 빌딩이 상업지역으로 이용이 가능할 것으로 토지이용이 분류되었다.



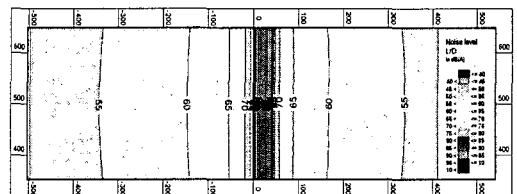
<Figure 4.1-7> The noise grid map of type 4



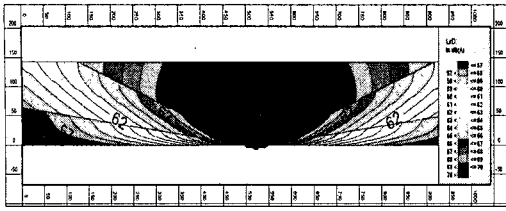
<Figure4.1-8>The noise cross section map of type 4

(4) Type 5 및 Type 6

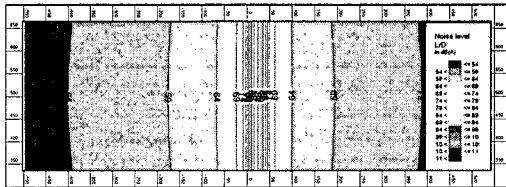
Type 5는 Double Sunken type(slope type)이고 type 6은 Double Sunken type(right-angle type)으로서 각각 type 3과 4와 비슷한 수직 및 수평의 소음도로 예측되었으며, 이러한 현상은 철도소음이 도로교통소음에 비하여 상대적으로 낮은 소음도 때문인 것으로 생각되며, 토지이용 또한 type 3과 type 4와 비슷한 수준으로 판명되었다.



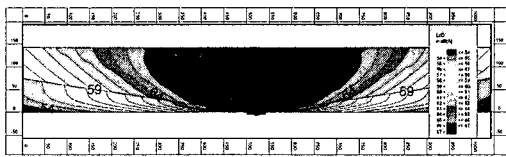
<Figure 4.1-9> The noise grid map of type 5



<Figure 4.1-10> The noise cross section map of type 5



<Figure 4.1-11> The noise grid map of type 6



<Figure 4.1-12> The noise cross section map of type 6

4.2 도로 형태에 따른 저감량 산정

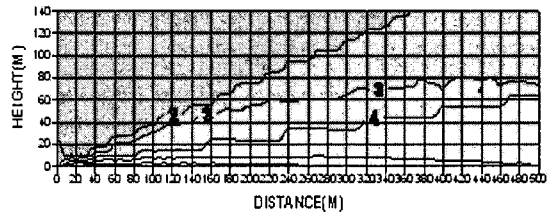
도로의 형태에 따른 소음 저감량을 비교하기 위하여 가장 소음 클 것으로 판단되는 평면형인 type 1의 형태와 각 다른 형태의 소음도 저감량을 비교하였다. 다만 type 2(elevated type)는 평면형보다 소음도 측면에서 불리할 것으로 판단되어 비교하지 않았다.

(1) Type 1과 각 type별 소음도 저감량의 비교

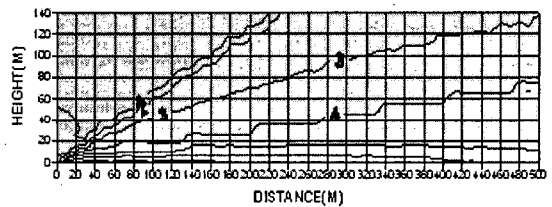
수직 소음도 분포가 도시계획에서 중요한 이유는 도시 공간을 효율적으로 사용하고 도시내 생활 이동 동선을 가능한 효율적으로 설계하기 위하여 고밀도의 도시계획이 요구되므로 토지이용에서 높은 건물의 계획이 요구된다. 이러한 이유로 고밀도의 압축도시(compact city)에서 수직소음분포는 그 건물의 토지이용을 제한하게 되어 수직 높이의 소음감소량이 많은 것이 효율적인 고밀도 도시계획에서 중요한 부분이 된다.

Type 1과 각각의 도로의 형태별 소음도 저감효과를 분석한 결과는 아래 각각의 그림과 같으며, 각 높이에 따라 2-4dB(A)의 소음도 저감효과가 있는 것을 알 수 있다. 특히 type 4와 6의 형태가 평면 type 1과

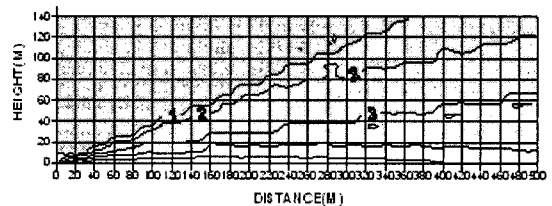
비교하여 보았을 때 가장 큰 소음도 저감효과를 내는 것으로 예측되었다. 이러한 예측결과는 Sunken 된 형태의 도로단면에서 경사형 보다는 직각형의 회절감쇠가 더욱 크기 때문인 것으로 판단된다. 또한 각각의 Sunken 형태에서 두 번 Sunken 된 형태와 별 차이가 없는 것은 소음원 중간에 위치한 철도 소음원이 상대적으로 차량 소음도 보다 작기 때문인 것으로 판단된다.



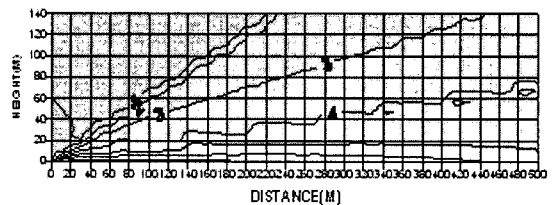
<Figure 4.2-1> The comparison of the noise reduction between type 1 and type 3



<Figure 4.2-2> The comparison of the noise reduction between type 1 and type 4



<Figure 4.2-3> The comparison of the noise reduction between type 1 and type 5



<Figure 4.2-4> The comparison of the noise reduction between type 1 and type 6

4. 결론

현대 친환경적인 도시계획에 있어서 가장 중요한 요소 중의 하나는 에너지 절약형 도시공간구조이며, 이러한 에너지 저소비형 도시 공간구조를 이루기 위해서는 도시에서의 차량운행 동선을 도시 생활권과 근접하게 하여야 할 필요성이 제기 되는데 이는 다시 교통소음의 증가를 야기하게 된다. 이러한 교통소음의 감소를 위하여 도시계획 초기단계에서 교통소음에 대한 적절한 검토가 필요한데 적절한 검토방법의 하나로써 소음지도가 활용 될 수 있다.

이러한 도시계획에서의 소음 영향을 저감하기 위하여 도로 형태별로 type 1에서 type 6까지의 도로형태의 소음 영향정도를 소음지도를 통하여 파악한 결과 Sunken type이 가장 높은 소음저감효과가 있었으며, 이러한 소음지도를 바탕으로 토지이용 및 토지이용에 따른 예상 건물의 층수를 예측하였다.

Type 4는 Sunken type (right-angle type)의 형태의 도로일 경우 수평 및 수직 소음도 예측 결과 도로변 지역의 경계인 150m 지역에서 약 7층 높이의 주거지역과 150m에서 상업지역은 50층 이상의 건물이 가능한 토지이용지역으로 예측되었으며, 일반 지역에서의 주거지역은 450~500m 지역에서 3~7층의 건물이 가능하며, 수평거리 200m지역은 30층, 250m부터는 50층 빌딩이 상업지역으로 이용이 가능할 것으로 토지이용이 분류되었다

각 형태별 소음도 저감량을 비교한 결과 토지이용에 있어서 가장 유리 했던 type 4의 형태가 평면형 도로(type 1)와 비교하였을 때 2-4dB(A)의 소음 저감효과를 기대 할 수 있었으며 수직높이 상으로도 가장 높은 저감효과의 결과를 얻을 수 있었다.

본 논문에서 연구되어진 소음지도를 이용한 도로의 형태별 소음분포 경향들을 도시계획에서 고려하여야 할 여러 요소 중에 한 요소로서 활용된다면 계획단계에서 저소음형 도시를 계획할 수 있을 뿐만 아니라 실제 도시건설이 완성된 후 제기되는 각종 소음 민원 해소 및 소음 민원에 따른 저감대책의 실시로 인한 추가적인 비용을 절감할 수 있는 유용한 방법으로 사용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- (1) 환경부, 2003, "환경통계연감", 환경부, p 564
- (2) Newman, P. and J. Kenworthy, 1989, "Cities and Automobile Dependence", An International Source book, Aldershot: Gower Technical.
- (3) 이승일, 2000, "교통발생 저감을 위한 환경친화적 도시공간구조 연구", 대한국토도시계획학회지(국토계획), 대한국토도시 계획학회,
- (4) DER BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR, 1990, "Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen RLS-09".
- (5) DER BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR, 1990, "Richtlinie zur Berechnung der Schallimmissionen von Schienenwegen Schall 03"
- (6) 환경부, 2003, "환경정책 기본법 ", 환경부