

## 소음지도를 이용한 도시 교통 소음 평가방법에 관한 연구

### Study on the Assessment Method of Urban Traffic Noise Using the 3D Noise mapping in Cheongju city

고준희†·박수진\*·장서일\*임재석\*\*이병찬\*\*

J. H. Ko, S. J. Park, S. I. Chang, J. S. Lim, B. C. Lee

**Key Words** : Noise mapping (소음지도), Noise exposure (소음폭로), Road traffic noise (교통소음), GIS

#### ABSTRACT

Noise mapping is performed in the city of Cheongju which has 626,614 inhabitants on a 153.41km<sup>2</sup> area. This city has 71,387 buildings and 969,274m roads. Many database sets like information of roads, topography and buildings are required for making the noise map of large area. These database sets are provided by the various departments of the regional administration in Cheongju city. Using the given database sets, 3-dimensional model of topography and buildings are made to consider the multi-reflections and diffractions. A predicted noise level is compared with measured noise level of the road traffic noise. As the tool of management and decision of urban noise policy, noise map is combined into the map of land use to make the conflict noise map. This conflict noise map is useful to assess the present urban noise and to make the better life in complicated urban life.

#### 1. 서론

산업의 비약적인 발전과 도시화로 인하여 환경문제가 심각한 사회문제로 대두되고 있다. 특히 도시를 중심으로 인구의 폭발적인 증가와 도시공간의 고밀도 개발로 발생하는 소음문제가 대두되어 왔으며, 특히 최근 몇 년간 사회 전반에 걸쳐 심화되고 있는 현실이다. 도시에서의 소음원은 여러 가지가 존재하지만 차량 증가와 도로의 확충 및 과밀화로 인하여 발생하는 도로교통 소음이 주요한 소음의 원인으로 주목받고 있다. 국립환경연구원에서 2001년도 국내의 75개 도시를 대상으로 주간 및 야간시간대의 도로 교통 소음에 대하여 평균 노출 인구 비율을 조사한 결과 주간시간대에 65 dB(A) 이상의 소음에 노출되는 인구 비율은 12.6% 이고, 야간시간대의 55 dB(A) 이상에 노출되는 인구 비율은 52.7%인 것으로 조사되었으며, 대도시의 경우는 이 보다 높은 것으로 조사되었다<sup>1)</sup>. 또한 최근 환경부의 2006년 상

반기 소음 측정망 운영 결과에 관한 보도 자료에 의하면 전국 29개 도시 281개 지역 1,386개 소음 측정망의 2006년 상반기 소음도가 도로변 지역의 주간 시간대의 경우 주거지역은 14개 도시 48%, 상업지역은 3개 도시 11%가 환경기준을 초과하고 있으며, 야간시간대의 경우는 주거지역의 경우 18개 도시 62%, 상업지역의 경우 22개 도시 79%가 소음환경기준을 초과하고 있는 것으로 조사되었으며, 특히 청주시의 경우 도로변지역의 주거지역에서 평균 71 dB(A)의 소음도로 전국 최고의 소음도로 조사되었다<sup>2)</sup>.

한편, 대도시에서의 도로교통소음이 주요 소음원임을 감안할 때 적절한 도시의 도로교통 소음의 평가방법을 확립하는 것이 매우 중요하다. 그러나 현재 수동 자동차 측정망을 이용한 소음도의 주간 4회 및 야간 2회의 각각 5분간의 측정을 통하여 소음도를 평가하는 것은 대도시에서의 도로교통 소음의 평가 방법의 수단으로서 매우 부족하다.

본 논문에서는 대도시에서의 도시소음 평가를 위한 여러 목적의 소음지도의 형태 및 제작방안에 관하여 연구하였다. 첫째로 도로소음의 발생원인 도로교통 소음원의 분류를 위한 소음 지도(ROAD-IDENTIFICATION MAP)이다. 둘째로는 일정한 지역에서의 수음점 중심의 소음도 현황을 파악할 수 있는 소음현황 지도(NOISE CONTOUR MAP)이고, 셋째로는 토지이용현황도와 토지이용에 따른 소음환경기준을 이용한 소음 기준 지도(NOISE STANDARD MAP)이

† 정회원, 서울시립대학교 환경공학과  
E-mail : winky73@empal.com  
Tel : (02) 2210-2986, Fax : (02) 2210-2877

\* 서울시립대학교 환경공학부

\*\* 충주대학교 환경공학부

다. 마지막으로 대상지역에서 환경 소음기준을 초과하는 소음 초과지역을 파악할 수 있는 소음초과지도(Conflict noise map)를 제작하여 도시내 소음도 평가를 정량적으로 할 수 있도록 하였다.

## 2. 연구방법

소음지도는 소음지도 활용의 목적에 따라 다른 형태의 소음지도를 제작하고 있다. EU(Europe Union)의 경우에는 가장 높은 소음지역을 표시하는 소음지도, 목표 소음도와 비교한 소음지도, 정책과 대비한 모니터링에 의한 소음지도 등의 7가지의 소음 지도 형태를 제안하고 있다<sup>3)</sup>.

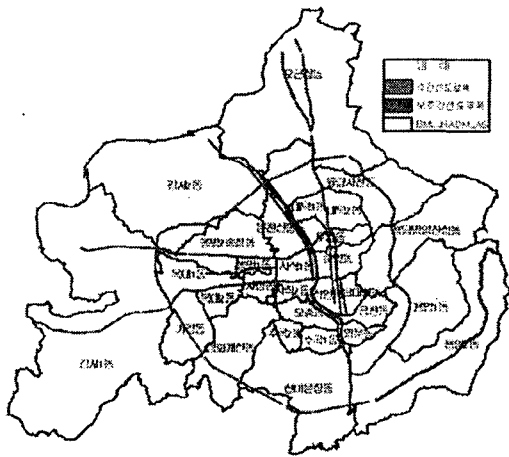


Fig. 1. Administration region and main roads in Cheongju city

그러나 본 연구에서는 현황소음지도, 용도지구에 따른 소음 환경기준 소음지도, 초과소음지도를 이용하여 도시 소음 분석을 실시하였고, 소음지도의 제작은 이론식을 이용한 소음도를 예측하는 것이기 때문에 대상 지역의 소음 현황의 측정을 통하여 예측된 소음지도를 검증하였으며, 본 연구에서 사용된 소음 예측식은 독일의 RLS-90을 사용하여 도로 교통 소음을 예측하였으며, 사용된 소음지도 제작프로그램은 SoundPlan 6.3이다.

한편 소음지도 제작을 통한 도시 도로교통 소음 분석을 위하여 여러 가지 자료들이 요구된다. 소음지도는 기존 자료를 잘 이용하였을 경우에는 낮은 비용으로 높은 효과를 내지만, 기존 자료를 이용하지 못할 경우 건물 및 교통량 조사와 같은 자료를 직접 조사하였을 때는 높은 비용에 낮은 효과를 창출하게 되기 때문에 기존 국가가 구축한 자료를 최대한 유용하게 사용하는 방법을 강구해야 한다<sup>4)</sup>. 소음원에 해당하는 교통량 및 속도는 지방자치단체 및 유관기관에서 조사 및 관리하는 도로별 시간당 교통량 및 차량 통행 속도 자료를 이용하였다. 지형, 도로관련자료, 도시내 건물 정보는 지방자치단체에서 구축된 GIS기반 자료를 소음지도

제작 프로그램과 연동이 가능하도록 가공하여 사용하였다. 특히 대도시의 경우 소음원, 건물 및 도로관련 자료의 경우 GIS기반의 데이터베이스와 연동 가능하도록 하는 것이 중요하다. 제작된 소음지도를 도시계획, 도시 재정비계획 및 도시 저감대책의 수립 등에 사용하기 위해서 기존 데이터베이스에서 활용이 가능하도록 하였다

## 3. 연구결과

### 3.1 ROAD-IDENTIFICATION NOISE MAP

본 연구의 대상지역은 Fig. 1와 같이 충청북도 청주시의 도로교통 소음을 대상으로 하였다. 청주시의 인구는 626,614 명, 전체 면적은 153.41 km<sup>2</sup>으로 2개의 구 및 29개동으로 구성되어 있으며, 도로는 전체 969,275m로 구성되어 있다. Fig.1은 청주시 행정구역 현황 및 청주시 주요 도로의 위계별 도로 분류인 주간선도로와 보조간선도로의 위치 및 현황을 나타낸 그림이다. 청주시 가로망의 형상은 방사 환상형인 것을 알 수 있으며, 이러한 방사 환상형의 경우 도시의 동심원적 발전으로 도심부에 교통이 집중할 것으로 예상되어 도심부의 교통수요 분산이 필요할 것이다.

도시내 가로의 기능별 분류에 의한 각각의 도로 기능을 살펴보면 다음과 같다. 주요 간선도로는 도시내 주요 지역 간 연결, 보조간선도로의 주요 역할로는 지역간 연결이며, 부차적인 역할로는 교통의 집산기능을 수행하고, 집산도로는 교통의 집산 및 대지접근의 역할을 수행 한다<sup>5)</sup>. 마지막으로 국지도로는 대지접근을 주요한 기능으로 하는 도로이다. 따라서 대도시에서의 소음 평가를 위하여 도로 별 소음도 평가를 평균 주행속도 40km/hr 이상 및 교통량은 5000 대/day 이상으로 하는 주간선도로 및 보조간선 도로를 대상으로 도로에서의 소음 발생현황을 ROAD-IDENTIFICATION NOISE MAP을 통하여 분석을 실시하였다.

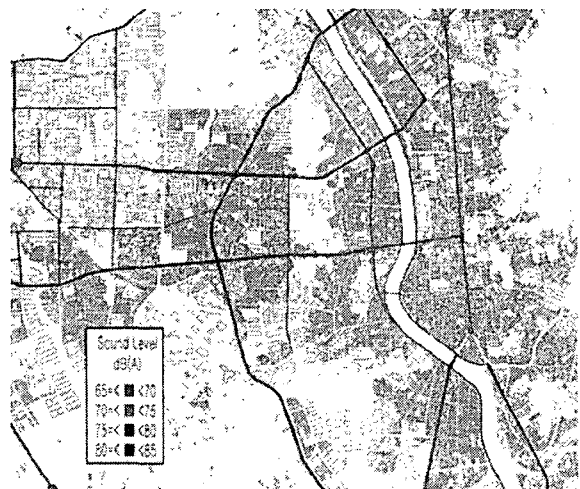


Fig. 2. ROAD-IDENTIFICATION NOISE MAP

Fig. 2의 ROAD-IDENTIFICATION NOISE MAP을 이용하면 효율적으로 도시에서의 소음 발생 현황을 미리 예측할 수 있어 어디를 집중적으로 예측을 해야 할지 판단이 가능해진다. 또한 높은 소음도를 발생하는 도로를 찾아 소음원으로 작용하는 도로의 속도 및 교통량, 도로 포장 등의 소음 저감대책을 수립함으로써 소음원에서의 소음 저감을 할 수 있는 판단의 도구로 유용할 것으로 판단된다.

### 3.2 NOISE CONTOUR MAP

소음 지도를 이용한 도시 소음 평가를 위하여 청주시의 중앙부에 위치하여 있는 사직1동을 대상으로 다양한 소음지도를 이용한 소음 평가 방법에 대하여 연구를 하였으며, 소음지도 제작을 위하여 Fig.2와 같이 건물 및 지형을 3차원으로 구성하여 소음 예측에 있어서 다중 회절 및 다중 반사를 고려토록 하여 실제 소음의 전파과정과 최대한 유사하도록 하여 소음 현황을 나타낼 수 있는 NOISE CONTOUR MAP을 Fig. 3과 같이 제작하였다.

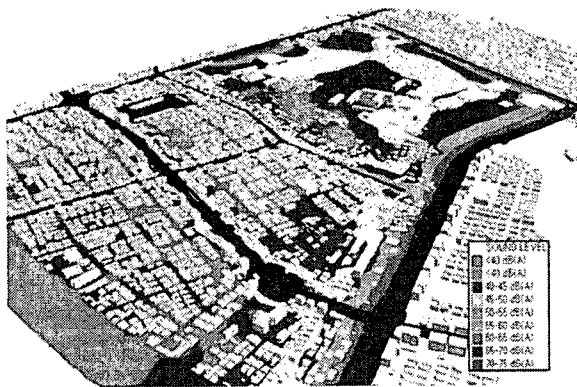


Fig. 3 Noise contour map at Sajik-dong in-Cheongju city

먼저 현황 소음지도를 제작하기 위하여 실제 소음도와 예측 소음도를 비교하여 예측소음도의 정확도를 Fig. 4와 같은 각각의 도로변 지역에서 6개의 측정지점을 선정하여 소음도를 검증하였다. 각 도로 소음 측정지점은 해당 도로의 소음도를 검증 할 수 있도록 도로단에서 측정을 실시하였다.

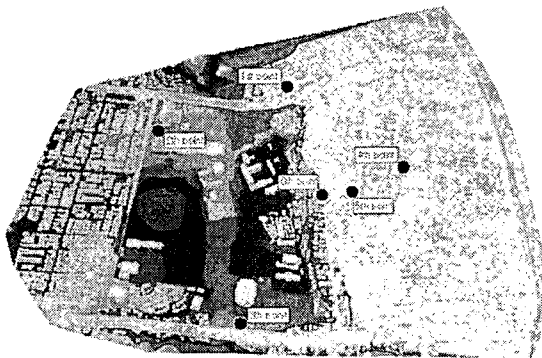


Fig. 4. Measurement sites of road traffic noise 각각의 주요 도로에 대하여 6개의 소음 측정을 통한 도로단

에서의 실측소음도와 예측 소음도를 검증한 결과 실측소음도의 차이는 -1.7 - 2.0의 오차를 나타내어 실측소음도와 예측 소음도가 근사한 소음도임을 검증하였다.

Table 1. Comparison of measured and predicted data

Measured cite	Road name	Measured sound level (dB(A))	Predicted sound level (dB(A))	Difference between measured and predicted sound level
1st point	Hungduck-road	73.5	71.5	2.0
2nd point	Yeache-road	69.3	68.7	0.6
3th point	Sajik-road	75.6	73.9	1.7
4th point	Saun-road	58.1	59.1	-1.0
5th point	Kukbo-road	60.4	62.1	-1.7
6th point	Deawon-road	67.5	67.7	-0.2

Table 2는 소음도를 소음지도로 표시하는 방법으로 KS A ISO 1996-2에 의한 방법을 사용하여 표시하였다. KS A ISO 1996-2의 소음도의 표시 방법에는 각 소음도에 의한 색상 이름만이 표시되어 있으나 실제로 색상을 정확히 표시하기 위하여 색상에 대응되는 RGB 코드를 사용하여 소음지도 및 인구산정에 있어서 색상의 통일성을 기하였다<sup>6)</sup>.

Table 2. A colored legend in intervals of 5 dB according to KS A ISO 1996-2 standard

Sound pressure level (dB(A))	Color name
≤ 35	Light green
35 < ≤ 40	Green
40 < ≤ 45	Dark green
45 < ≤ 50	Yellow
50 < ≤ 55	Ochre
55 < ≤ 60	Orange
60 < ≤ 65	Cinnabar
65 < ≤ 70	Carmine
70 < ≤ 75	Lilac red

### 3.3 NOISE STANDARD MAP

국내의 환경 소음기준은 크게 일반지역과 도로변 지역으로 구분되어 있어 5-10 dB(A)의 소음 기준의 차별을 두고 있다. 또한 일반지역 및 도로변 지역의 세부 구분은 “국토의 계획 및 이용에 관한 법률”에 의한 토지이용에 따른 구분을 기본으로 하고 있다. 국내의 토지이용 계획은 도시지역의 경우는 대략 주거지역, 녹지지역, 상업지역 및 공업지

역으로 구분되어 있는 도시지역, 관리지역, 농림지역 그리고 자연환경 보전지역으로 구분되어 있으며, 이는 국토의 균형 발전과 지속 가능한 개발을 위한 지역 구분인 것으로 알려져 있다<sup>7)</sup>. 따라서 도시 소음의 평가에 있어서도 대상지역의 토지 이용에 따른 소음 기준을 확인해야 그 지역에 있어서 적절한 소음도를 계획 할 수 있을 것이다. Fig. 5는 대상지역인 청주시의 사직동 지역에서의 토지 이용 현황을 분석한 그림이다.

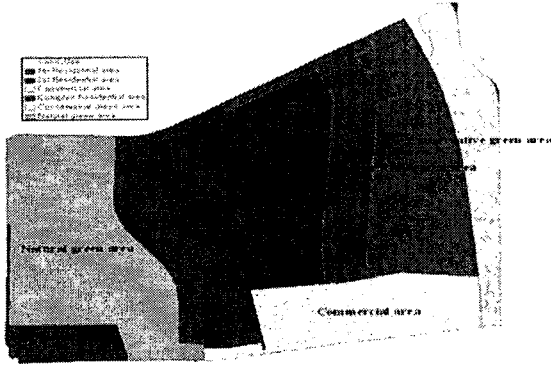


Fig.5 Land use map at Sajik -dong in Cheongju city

Fig. 6은 토지 이용에 따른 소음 환경기준을 표시한 Noise standard map이다. 도시소음의 평가 및 저감 대책에 있어서 어떤 지역을 어느 정도까지의 소음으로 저감시킬 것인가에 대한 정량적인 판단을 내릴 수 있는 기초 소음 지도이다. 특히 주거지역의 경우 도시 환경소음에 대하여 보호해야 하므로 소음 환경기준 이내로 할 필요가 있다. 이러한 소음지도를 이용하면 대상 지역의 주거지역 및 상업지역에 있어서 앞으로 달성해야 할 소음 기준을 설정할 수 있어 소음 저감대책에 유용할 것이다

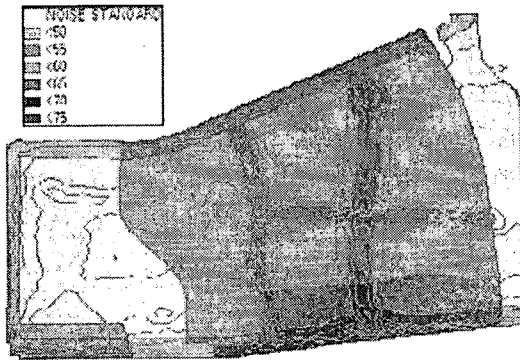


Fig. 6 Noise standard map at Sajik-dong in Cheongju city

Table 3은 토지이용에 따른 소음 환경기준 현황을 GIS를 이용하여 공간분석을 실시한 것이다. 일반지역의 소음 환경기준은 주거를 기준으로 55- 65 dB(A), 도로변 지역의 경우는 65-70dB(A)의 소음 환경 기준 범위로 조사되었으

며, 대상지역의 경우 제1종 주거지역과 제2종 주거지역을 포함하는 주거지역이 각각 15.7% 및 34.6%으로 조사되어 주거지역이 가장 많은 것으로 조사되었다.

Table 3. Analysis of conflict noise map

LAND USE	NOISE STANDARD OF GENERAL AREA (dB(A), DAY)	NOISE STANDARD OF ROAD SIDE AREA (dB(A), DAY)	PERCENT AGE OF AREA (%)
1 st residential area	55	65	15.7
2 th residential area	55	65	34.8
Complex residential area	55	65	9.3
Commercial area	65	70	10.9
Conservative green area	50	65	8.4
Natural green area	50	65	21.0

### 3.4 CONFLICT NOISE MAP

Conflict noise map은 토지이용에 따른 소음 환경기준을 초과하는 소음도에 폭로되는 지역을 표시하는 소음지도이다. Noise contour map을 통하여 현황 소음도를 파악하고, Noise standard map을 통하여 해당지역의 소음 환경기준 및 소음 목표기준을 설정하여 Noise contour map에서 Noise standard map을 GIS를 이용하여 소음도 속성을 공간분석을하면 해당 공간에서의 소음 환경기준에 대한 소음도의 초과여부를 판단할 수 있다<sup>8)</sup>. Fig. 7 및 Fig. 8은 청주시 사직동 지역에서의 소음도 초과 지역을 나타내는 그림이다. 초과 소음도는 일반지역과 도로변지역의 구분 또한 토지이용에 따른 소음 환경기준 및 소음목표기준이 상이하기 때문에 공간적인 속성을 기초로 분석을 실시하여야 한다.

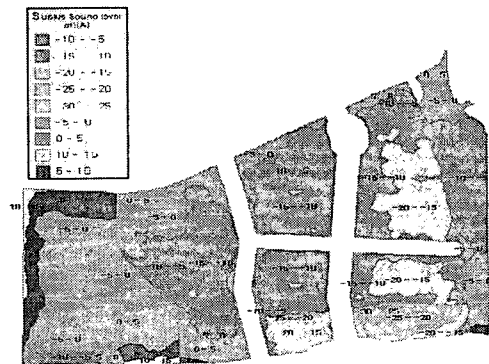


Fig. 7. Noise conflict map of general area at Sajik-dong in Cheongju city



Fig. 8. Noise conflict map of roadside area at Sajik-dong in Cheongju city

Table 4는 Fig. 7 및 Fig. 8의 초과 소음도에 대한 일반지역과 도로변지역으로 구분된 Conflict noise map을 분석한 결과이다. 초과 소음도를 분석한 결과 대상지역에서의 소음 저감 대책이 필요한 지역의 비율은 일반지역에서 20.1%, 도로변지역에서 16.7%로 분석되었다.

Table 4. Analysis of conflict noise map

Surplus level of sound standard (dB(A))	General area (km <sup>2</sup> )	Percentage of general area (%)	Road side area (km <sup>2</sup> )	Percentage of roadside area (%)
-30~-25	0.001	0.2	0.001	0.1
-25~-20	0.029	3.3	0.010	4.4
-20~-15	0.112	12.8	0.028	11.2
-15~-10	0.176	20.0	0.056	22.5
-10~-5	0.216	24.6	0.052	20.7
-5~0	0.150	17.1	0.061	24.3
0~5	0.134	15.3	0.035	14.1
5~10	0.052	5.9	0.006	2.6
10~15	0.008	0.9	0	0
Total	0.878	100	0.249	100

### 3.5 3D-Façade Noise Map

유럽연합(Europe Union)의 환경소음 영향 저감을 위한 지침을 제시하고 있는 Environmental Noise Directivity 2002/49/EC에서는 각종 소음원으로 인한 소음도를 파악하는 다양한 소음지도들 중 건물 벽면에서의 폭로 소음 지도를 작성토록 하고 있다. 이는 건물에 거주하고 있는 사람들의 폭로 소음도를 정량적이고 정확하게 분석하기 위한 목적으로 하고 있다<sup>9)</sup>. 이러한 건물 벽면에서의 폭로 소음도의 예측은 WG-AEN<sup>10)</sup>에 의하면 건물에 의한 반사를 제외하여 계산토록 권장하고 있다. 여기서 건물의 벽면에서의 예측은 건물벽면에서 0.1m 떨어진 곳을 의미하며, 국내의 소음진동 측정시험법과 비교하면 건물에서의 소음 측정시 창문을 열고 소음 측정기를 창밖으로 0.5m 이상 이격하여 측정토록 하고 있으며, 이는 건물에 의한 반사가 고려되지 않는 것을 의미한다. 따라서

본 연구에서 건물 벽면에서의 폭로되는 소음을 나타내는 소음 지도에서는 건물 벽면 소음지도의 제작시에는 건물 벽면의 반사는 고려하지 않았다. Fig. 9는 청주시 사직1동의 도로교통 소음으로 인한 건물벽면에서의 폭로 소음을 표시한 소음지도이다.

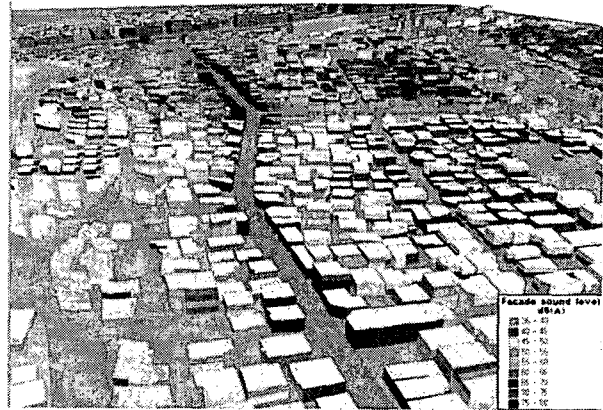


Fig. 9. Façade noise map at Sajik-dong in Cheongju city

Fig. 10은 건물의 용도별 분류를 GIS를 이용하여 나타낸 것으로 벽면에서의 소음 초과량을 소음환경기준과 비교할 때 건물의 용도별 분류에 의하여 평가를 실시하면 건물별 소음의 폭로 및 저감시켜야할 소음도를 정량적인 평가에 있어서 매우 유용할 것이다.

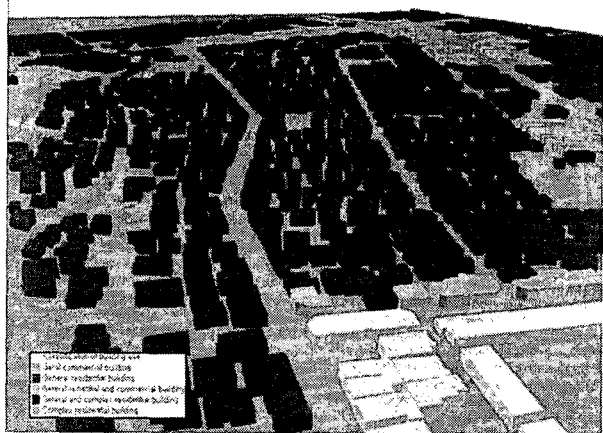


Fig. 10. Classification map of buildings use

## 4. 결론

본 연구는 다양한 소음지도를 이용하여 도시 환경소음을 평가하기 위한 방법에 대하여 연구하였다. 첫째로 Road-identification noise map은 대규모의 도시에서 높은 소음을 발생시키는 도로를 평가하기 위하여 제작하였다. 이것은 다른 도로보다 높은 소음도의 도로를 평가하는데 매우 유용할 것이다. 둘째로, Noise contour map은 도로소음의 추정을 확립하고 높은 소음도 지역을 분석하기 위하여 만들었다. 셋째로, Noise standard map과 Conflict noise map

을 통하여 소음 환경기준 및 소음 목표를 초과하는 지역을 GIS의 공간분석을 통하여 정량적이고 효율적으로 평가하는 방법에 대하여 연구를 실시하였으며, 마지막으로 건물 외벽 쪽로 소음도를 GIS의 3D-analysis를 이용하여 3차원적인 도시 소음 분포 현황 및 분석을 실시하였다. 다양한 소음지도를 이용하여 대규모 도시의 도로교통소음에 대한 정량적인 평가는 효율적인 소음 저감 대책의 수립에 있어서 중요한 정책 의사 결정의 수단으로 사용 될 수 있을 것으로 판단된다.

## 후 기

본 연구는 환경부지정 충북지역 환경기술개발센터의 2006년 연구비 지원과제의 일환으로 수행되었으며, 지원에 감사드립니다

## 참 고 문 헌

- (1) Ministry of environment republic Korea, "The result of noise monitoring for the first half of 2006", ministry of environment (2006)
- (2) S. K. Jang, D. J Kang, W. S Kang, W. S. Lee, J. W. Lee, "A Study on the calculation of population exposed to transportation(II)", National Institute of Environmental Research (2002), pp. 69-70
- (3) Margreet Beuving, "Improved Methods for the Assessment of the Generic Impact of Noise in the Environment-State of the Art", IMAGINE Working Group, pp 7-8, (2004)
- (4) Margreet Beuving, "Improved Methods for the Assessment of the Generic Impact of Noise in the Environment-State of the Art", IMAGINE Working Group, pp 16 - 17, (2004)
- (5) 김대웅, 김동현, "가로계획", 형설출판사(2005), pp 32-35
- (6) 한국 표준협회, 음향-소음의 표시 및 측정방법-제2부: 적절한 토지이용을 이위한 음향 데이터의 수집(KS A ISO 1996-2, 2004
- (7) Jea-Seob. Ahn, " The Development and Prospect of Korean Urban Land Use Management", The Geographical Journal of Korea, Vol. 39, No.1 (2005)
- (8) 한국ESRI교육센터, Introduction to ArcGIS, 2003.
- (9) The European Parliament and of the Council, "Relating to the Assessment and Management of Environmental Noise Directive 2002/49/EC", Official Journal of European Communities (2002)
- (10) European Commission Working Group

Assessment of Exposure to Noise, "Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure", WG-AEN (2006).