

도심지 재개발사업 환경영향평가지 소음지도 적용방안에 관한 연구

Utilizing Noise Mapping in Environmental Impact Assessment in a Downtown Redevelopment Area

장 서 일* · 이 시 원* · 박 영 민** · 최 진 권**

Seo Il Chang, Shi-Won Lee, Younge-Min Park and Jin-Kwon Choi

(2005년 9월 30일 접수 : 2005년 10월 19일 심사완료)

Key Words : Environmental Impact Assessment(EIA, 환경영향평가), Noise Map(소음지도)

ABSTRACT

In environmental impact assessment, noise impact assessment usually consists of three stages - surveying the existing noise levels by measurements, predicting noise levels induced by construction works and predicting noise levels after the completion of a project. The distance-attenuation relation of a point source, which has been used to predict the noise level due to its simplicity does not consider complex acoustic phenomena like multi-reflection, -diffraction and -absorption due to complex topographic configuration of buildings and terrains. For the consideration of such physical complexities, a noise mapping tool is adopted to produce a series of noise maps, which are those for the present, for the works of construction and for the future. For accurate noise mapping, acoustical and topographic information is used. Standard sound power levels and directivities of various construction equipments are need and scheduling of construction processes and locations of the equipments should be provided. In the case of exceeding legal limit, mitigation measures are applied to satisfy the legal limits and subsequent noise map is obtained and checked.

1. 서 론

서울시는 효율적인 도시 관리를 위하여 1997년 “2011 서울도시기본계획”을 확정하였으며, 이에 따라 도심부 발전계획의 일환으로 도심지의 기능 회복 및 전환을 위한 재개발사업이 진행되고 있다. 또한 서울시는 재개발 사업시 “환경·교통·재해등에관한영향평가법”에 적용을 받지 않는 고층건물(연면적의 합계가 10만² 이상의 규모)에 대해서도 서울시 자체

조례안을 마련하여 환경영향평가를 시행토록 규정하였다.

현재 환경 영향 평가 중 소음평가 방식은 실측에 의한 현황조사, 공사시 건설기계 가동에 따른 소음도 영향 예측과 사업 완료 후 운영시의 소음도 영향 예측의 3단계로 구분하여 실시되고 있다. 또한 추가적으로 공사시 및 운영시 예측 소음도가 규제기준을 초과하는 경우 가설 방음 판넬, 방음벽 등의 설치계획과 이로 인한 저감효과를 산정하는 방법으로 이루어지고 있다.

그러나 도심지 소음평가의 경우 보다 정확한 예측을 위하여 대상지역의 지형은 물론 건축물 및 고도에 의한 다중 반사, 회절, 흡음현상 등을 고려해야 함에도 불구하고, 현 소음평가방식은 대상사업 및 지역적인 특성이 상세하게 반영되지 않고 있는 실정이다. 또한 현황 소음도 측정시 교통량 측정이 동시에 이루어

† 책임저자 : 정희원, 서울시립대학교 환경공학부
E-mail : schang@uos.ac.kr
Tel : (02)2210-2177, Fax : (02)2244-2245

* 정희원, 서울시립대학교 대학원 환경공학부

** 정희원, 한국환경정책·평가연구원

어지지 않아, 실측결과와의 비교·검토가 불가능하며, 이로 인해 소음도 파악이 불명확하고, 공사시 건설장비에 의한 소음·진동 주파수별 실측자료의 부족으로 장비별 예측 또한 어려운 실정이다⁽¹⁾.

이러한 문제점에 대하여 해결책을 제시해 줄 수 있는 것이 소음지도이다. 소음지도란 대상지역의 소음도를 한눈에 알아볼 수 있도록 시각화하여 소음의 영향을 쉽게 파악할 수 있도록 해주는 것으로 이를 통해서 건물의 차폐효과나 저감대책의 효과도 파악이 가능하며 정온시설의 보호, 심각한 소음노출지역의 파악, 소음저감대책의 효율성 평가 등 그 활용도가 높다⁽²⁾.

따라서 이 연구에서는 현재 실시중인 영향 평가 사업⁽³⁾을 토대로 동일한 인자를 적용하여 소음지도를 작성하여보고, 그 결과를 기존의 영향 예측 방법에 따른 예측 결과치와 비교, 환경 영향 평가시 소음지도의 활용을 위한 방안을 모색하고자 한다.

2. 대상지역의 설정

이 연구의 대상지역은 서울시내 중심부에 위치하여 재개발 사업계획변경이 결정된 지역으로 현재 환경영향평가가 완료된 곳이다. 주변지역 또한 용도지역상 일반상업지역으로 지정되어 있어 정온을 요하는 주거시설, 학교, 병원, 공공도서관 등의 시설물은 분포하지 않는 반면 반사, 회절, 흡음현상 등을 고려해야 하는 고층건물이 다수 분포하고 있다. 북측으로 청계천로, 서측으로 남대문로, 남측으로 을지로, 동측으로는 삼일로가 접하고 있어 이들 도로를 이용하는 차량의 교통소음이 청계천 복원 공사 현장과 더불어 주요 소음 발생원으로 작용하고 있다. 또한 전체가 상업지역

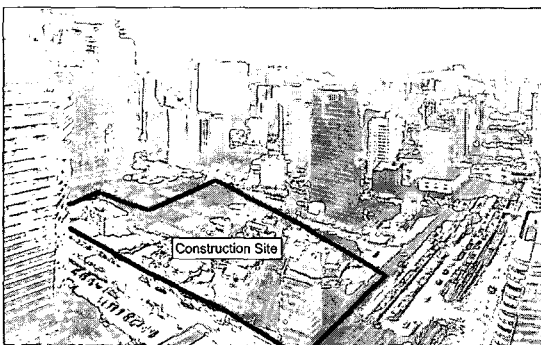


Fig. 1 Construction site

및 도로로 이용되고 있는 바, 평탄한 지형을 이루고 있어 특별한 지형형태를 보이지 않는 지역이다. Fig. 1은 대상지역의 현장 전경사진을 나타낸 것이다.

3. 자료 수집

소음지도 제작을 위해서는 대상지역의 지형정보와 건설기계류의 음향학적 특성 자료, 작업공정과 건설기계류의 작업위치, 현재 및 향후 주변도로의 교통량 정보 등에 대한 자료가 요구된다. 이러한 자료를 수집하는데 있어 공개된 기존의 자료들을 사용함과 동시에 환경영향평가서에 제시된 자료를 토대로 각종 인자들을 적용하며, 부족한 부분은 현장조사를 실시토록 한다.

3.1 GIS Data

GIS(geographic information system)는 인간생활에 필요한 지리정보를 효율적으로 활용하기 위한 정보 시스템으로서, 소음지도와 연계시킬 경우 기존의 국소적인 해석과는 달리 광범위한 소음해석이 가능하다⁽⁴⁾. 이 논문에서는 서울시에서 보유 중인 GIS 자료를 기초로 대상지역의 Shape File 자료를 이용한다. 이 연구에 사용된 Shape File의 경우 대상지역내에 위치하는 건물의 건물 명을 비롯하여 층수까지 상세하게 수록되어 있으나 건물의 정확한 높이를 비롯하여, 소음평가의 주요인자로 작용되는 도로 및 장애물 등에 관한 상세한 자료는 누락되어 있다. Fig. 2는 건물에 관한 Shape File의 일부를 예시로 나타낸 것이다.

3.2 건설기계류 소음 특성 자료

보다 정확한 소음도 예측을 위해서는 건설기계류의 사운드 파워 레벨, 지향성(directionality) 등과 같은 음향학적 특성 자료가 필요하다. 이에 따라 건설기계류 주파수 대역별 소음도는 국립환경연구원의 자료⁽⁵⁾를

Shape	Area	Perimeter	Area01	Area02	Min	Max	Dist	Dist	Dist	Name	Area	Dist
Polygon	1530.07575	220.24607	371714	371713	371713	88	0	3	1	연혁교회본당	0	0
Polygon	917.43620	145.74774	372103	372102	372102	53	1	6	1	조곡은행	0	0
Polygon	200.18015	57.58724	372051	372030	372030	53	11	3			0	0
Polygon	83.76310	37.40120	371948	371947	371947	31	4	2			0	0
Polygon	253.26210	67.22040	371871	371870	371870	59	25	5	1	고려종합빌딩	0	0
Polygon	70.83470	34.39511	371851	371850	371850	53	8	3			0	0
Polygon	114.63820	44.92675	371829	371828	371828	54	7	4			0	0

Fig. 2 GIS data for buildings

기초로 한다. 이는 건설 공사장에서 주로 사용되고 있는 건설기계 34종, 302대를 대상으로 소음도를 측정, 공중별로 분류하여 조사한 것으로 일정거리(7.5 m, 15 m)에서의 소음도(dB(A))를 측정된 것이다.

그러나 공식적으로 이용 가능한 사운드 파워 레벨 데이터가 없기 때문에 소음지도 제작시 이를 적용하기 위해서는 각 건설기계의 사운드 파워 레벨의 계산출이 요구된다. 따라서 국립환경연구원의 자료를 토대로 건설기계별 사운드 파워 레벨을 계산하였다. 음원은 점음원으로 가정하였으며, 점음원 거리 감쇠식을 이용하였다. 국립환경연구원에서 측정된 7.5 m에서의 소음도(dB(A))를 바탕으로 사운드 파워 레벨(dB(A))을 산출한 후, 이를 다시 역으로 계산하여 사운드 파워 레벨(dB) 값을 얻을 수 있었다. 이와 같

은 방법으로 국립환경연구원에서 제시한 건설기계 전 기종의 사운드 파워 레벨을 각각 산출하였으며, Fig. 3은 계산 결과 중 굴삭기의 옥타브밴드 그래프를 예시로 나타낸 것이다.

계산 결과의 검증 과정으로 단순모델을 제작하여 직접 프로그램에 적용시켜본 결과 역2승 법칙(점음원으로부터 거리가 2배 멀어질 때마다 음압레벨이 6dB 씩 감쇠)을 만족하는 것으로 나타났다.

3.3 도로 및 교통량 자료

소음원의 계산에 필요한 도로 및 교통량 자료는 현장조사 및 환경영향평가서에 제시된 자료를 기초로 한다. 현황의 경우 향후 결과의 검토 및 소음지도의 정확성을 기하기 위해 소음도 측정과 동시에 동일 지점에서 시간당 교통량, 차량의 속도 및 소·대형 차량의 비율을 조사·측정한다. 한편 운영시의 경우에는 평가서에 제시된 가로구간 침두시 교통량 및 차속을 동일하게 적용한다.

Table 1은 대상지역 주변의 각 도로별 차로 폭과 현황 및 운영시의 적용 차속을 나타낸 것이며, Table 2는 현재 및 공사 완료 후 운영시인 향후 2012년의 도로별 교통량을 소형, 대형으로 분류하여 나타낸 것이다. 청계천로의 경우 청계천복원 공사 시행에 따라 청계천을 중심으로 상행과 하행이 분류되어 있어 청계천로 1, 2로 구분하여 표기하였다.

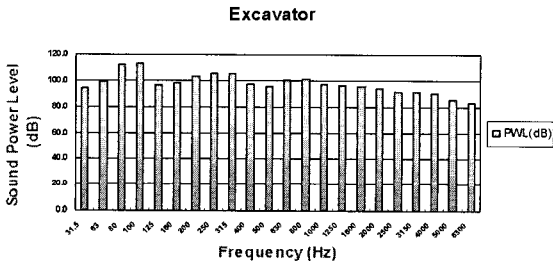


Fig. 3 Sound power levels of an excavator in octave bands

Table 1 Specifications of roads

Road name	Lane width (m)	Vehicle speed(km/hr)	
		Present	Future
Cheonggyecheon road	8.0	60	48
Samil road	30.0		
Namdaemun road	30.0		
Eulji road	19.0		

Table 2 Traffic flow characteristics

Road name		Present (vehicles/hr)			Future (in the year 2012, vehicles/hr)		
		Car	Truck	Total	Car	Truck	Total
Cheonggyecheon road	1	540	18	558	813	37	850
	2	433	53	486	723	32	755
Samil road		2,230	194	2,424	2,393	186	2,579
Namdaemun road		3,668	310	3,978	2,414	236	2,658
Eulji road		2,861	307	3,168	2,929	309	3,238

4. 소음지도 제작

소음지도 제작을 위한 첫 단계로 자료수집 단계에서 수집된 GIS자료를 이용하여 지형모델을 제작한다.

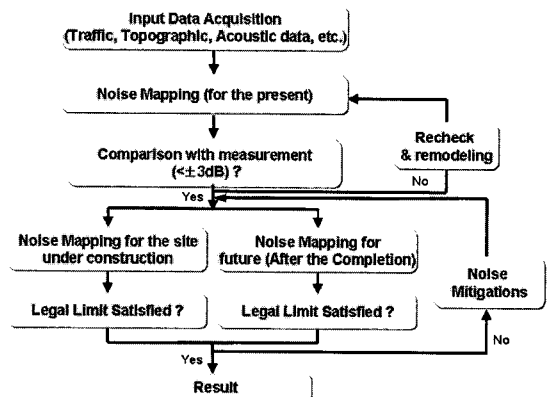


Fig. 4 Procedure for noise impact assessment

등고선과 표고점을 이용하여 지형모델을 만들게 되는데, 대상지역은 서울시내 중심부에 위치하여 표고점의 차이가 최대 5m 안팎이므로 일반평지로 가정한다. 단 청계천 복원구간은 현 지형상태를 적용한다. 지형이 완성되면 그 위에 Shape File을 이용하여 건물 및 도로 등을 설치하고, 자료수집 단계에서 수집된 건설기계류의 사운드 파워 레벨, 교통량 등의 자료를 적용하여 소음지도를 제작한다⁽⁶⁻⁹⁾.

소음지도 제작을 위해서는 상용프로그램 Sound Plan⁽¹⁰⁾을 이용하며, 소음원의 계산을 위한 예측식으로 공사장 소음 계산은 ISO 9613을, 그리고 도로소음 예측식으로는 RLS90식을 이용한다. 이 연구에서는 점음원 거리 감쇠식을 이용한 환경영향평가서상의 소음 예측 결과치와 소음지도 제작 결과치의 비교, 검토를 위해 평가서와 부합되도록 현황, 공사시 및 운영시, 저감방안의 소음지도를 각각 제작한다.

Fig. 4는 소음지도를 적용한 소음영향평가의 절차를 도식화한 것이다. 대상지역의 지형정보와 건설기계류 음향파워레벨, 교통량 정보 등이 수집되면, 이를 토대로 현황 소음지도를 제작한다. 제작 결과의 검토를 위해 현장 조사를 통한 실측 데이터와 비교하여 오차 범위가 ± 3 dB 이내를 만족하면 다음 단계를 진행하되, 만족치 못할 경우 투입 인자 등을 체크하여 다시 소음지도를 제작한다. 여기서 오차 범위 ± 3 dB는 잠정적으로 설정한 수치이며, 차후에 신중하게 결정되어야 할 필요가 있다.

다음 단계로 공사시 및 운영시 소음지도를 제작한다. 각각의 결과가 환경기준치 이내일 경우 결과를 출력하게 되며, 기준치 초과시 적절한 저감방안을 강구하여 소음지도를 다시 제작한다.

5. 결과 및 고찰

5.1 현 황

대상지역 및 소음도 측정지점의 위치는 Fig. 5의 N-1~4와 같으며, 제작된 결과의 검토를 위해 현장조사를 통한 실측 데이터와 해석결과를 비교한 결과를 Table 3에 나타내었다.

모든 지점에서 소음도의 차이가 ± 3 dB(A) 이내로 나타났으며, Fig. 6은 대상지역 및 주변지역의 현황 소음지도를 나타낸 것이다. 주 소음원인 도로 주변에서 집중적으로 높은 소음도를 나타내고 있어, 주변

도로망에 의한 교통소음의 영향이 지속적으로 작용하는 것으로 사료된다. 또한 주변 도로를 따라 표시한 하얀 점선은 규제 기준선을 표시한 것으로 점선 외부 지역은 “소음환경기준” 중 도로변지역의 환경기준인 70 dB(A)(주간)을 초과하는 지역이다.

5.2 공사시

공사시 투입장비의 종류 및 댓수는 Table 4와 같이 환경영향평가를 바탕으로 동일하게 적용한다.

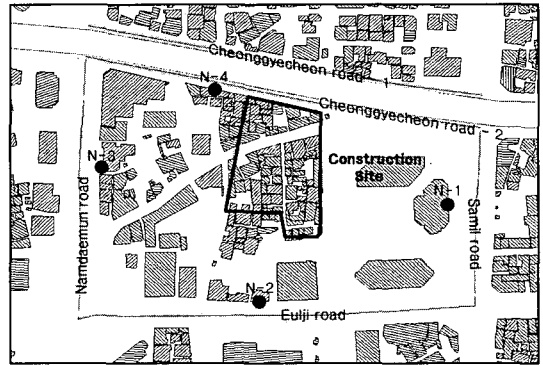


Fig. 5 Measurement locations

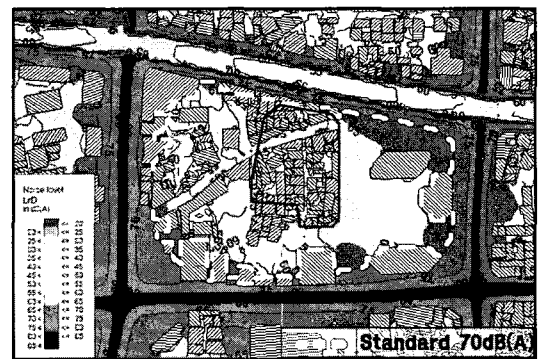


Fig. 6 Noise map for present noise level

Table 3 Comparison of measured noise levels with predicted noise levels

Location	Measured (L _M , dB(A))	Predicted (L _M , dB(A))	Difference (L _M -L _N , dB(A))
N-1	70.3	69.0	-1.3
N-2	72.1	75.0	2.9
N-3	72.1	72.0	-0.1
N-4	70.9	73.1	2.2

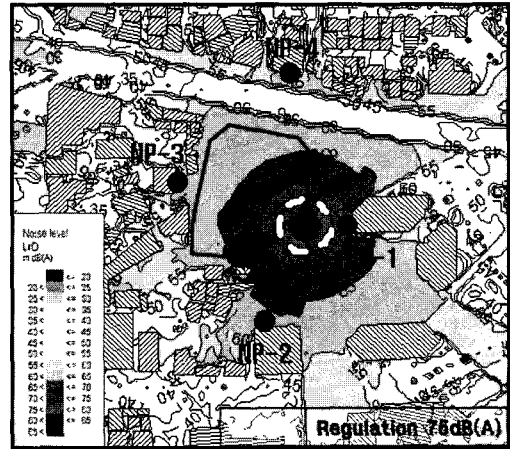
그러나 일반 환경영향평가서에서는 건설기계 규격을 "Ton"으로 표시하는데 반하여 국립환경연구원의 자료는 "동력(PS)"로 표현하는 등 장비 규격의 표현에 차이가 있어, 파워 레벨 값이 유사한 장비로 대체하였다. 건설기계의 위치 또한 평가서상에서와 같이 공사 시행 구간에서 각 영향 예상지점까지의 최단거리 지점에 동시 투입 하였으며, 이에 따라 각 지점별로 소음지도를 작성하였다.

기존의 공사시 소음도 예측 방법은 국립환경연구원의 자료와 점음원 거리 감쇠식을 이용하여 총 투입장비의 사운드 레벨 합을 산출하는 것으로, 이러한 평가서상의 예측 결과치와 소음지도 제작 결과를 Table 5에 비교하여 나타내었다.

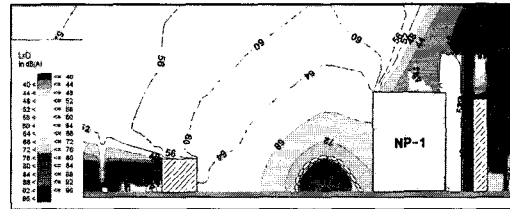
건설장비 가동시 주변지역에 대한 예측소음도의 경우 모델 제작 결과가 지면 및 건축물에 의한 반사, 회절 현상 등이 작용하여 평가서상의 예측치보다 다소 높은 수치를 보일 것으로 기대하였으나, 0.7~2.2 dB(A) 낮은 결과값을 보였다. 이는 소음원의 파워레벨의 차이에서 비롯된 것으로 판단되며, NP-4 지점의 경우 청계천 복원 공사에 따른 지형의 영향으로 소음도가 다소 감소한 것으로 판단된다.

Fig. 7은 NP-1지점에서의 건설장비 가동에 따른 소음 전파를 나타낸 것으로, 공사 시행 구간에서 영향 예상 지점인 NP-1 지점까지의 최단거리 지점에 건설기계가 동시 투입되는 것으로 가정하였다. 그 결과 소음원인 건설장비를 기준으로 소음도가 분포하며, (a)에서 하얀 점선은 규제 기준선을 표시한 것으로 점선 내부 지역이 "생활소음 규제기준" 중 기타지

역(공사장)의 환경기준인 75 dB(A)(주간)을 초과함을 의미한다. (b)는 소음 분포의 수직 단면을 나타낸 것이다.



(a) Plane view



(b) Vertical view

Fig. 7 Noise level contours during construction

Table 5 Comparison of predicted noise levels

Location	Predicted noise level(dB(A))		Difference (L _M -L _N , dB(A))
	L _N ¹⁾	L _M ²⁾	
NP-1	71.7	70.0	-1.7
NP-2	74.2	73.5	-0.7
NP-3	74.2	72.7	-1.5
NP-4	68.2	66.0	-2.2

- 1) Using 『Point source distance-attenuation equation』
- 2) Noise mapping result

Table 4 Construction equipments used

Equipment	Number
Bulldozer	1
Loader	1
Dump truck	2

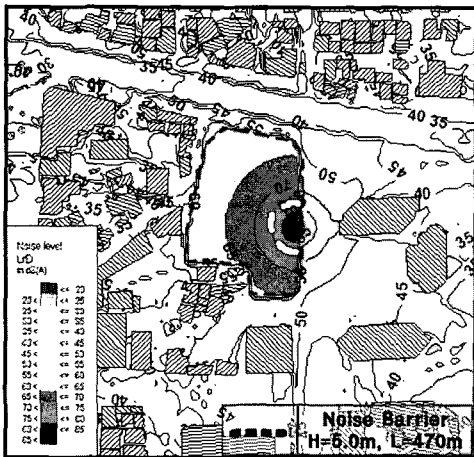
Table 6 Predicted noise attenuation due to barriers

Location	L _N ¹⁾ (Noise barrier, dB(A))		L _M ²⁾ (dB(A))			
	Predicted	Reduction	Noise barrier		Dispersed equipments	
			Predicted	Reduction	Predicted	Reduction
NP-1	59.2	12.5	53.4	16.6	62.6	7.4
NP-2	61.6	12.6	57.2	16.3	59.4	14.1
NP-3	61.6	12.6	57.3	15.4	62.7	10.0

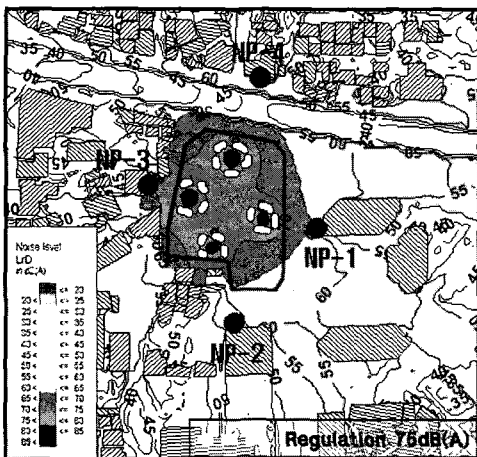
- 1) Sound attenuation based on the diffraction theory⁽¹¹⁾
- 2) Noise mapping result

이 대상지역의 경우 공사시 소음 규제 기준을 초과하여 영향이 예상되는 주변 시설물은 분포하지 않는 것으로 예측되었으나, NP-1~3 등의 시설물이 대상지역과 근접하여 위치한 관계로 부지 경계선상에 가설 방음 판넬의 설치 및 건설장비의 분산투입을 계획하였다. 이에 따른 소음도 저감효과는 Table 6과 같이 분산투입 보다는 가설방음판넬을 설치할 경우 더 큰 저감량을 보이는 것으로 나타났다. 그러나 두가지를 동시에 적용할 경우 보다 큰 저감효과를 거둘 수 있을 것으로 판단된다.

Fig. 8은 NP-1지점에서의 소음저감효과를 예시로 나타낸 것이다. (a)는 대표적인 소음 저감 방법으로 높이 5m, 총 길이 470m의 가설 방음 판넬을 설치



(a) Noise map with temporary noise barriers



(b) Deploying construction equipments scattered

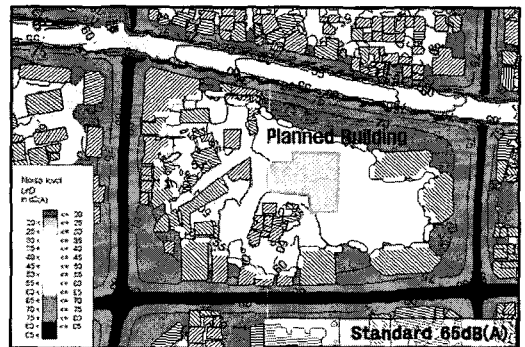
Fig. 8 Effect of noise mitigations

한 경우로, 부지 경계선상에 설치된 가설 방음 판넬에 의한 소음 저감효과를 파악할 수 있다. 가설방음 판넬의 제원은 환경영향평가서에 제시된 그것과 동일하다. (b)는 추가적인 소음 저감 방법으로 건설기계를 분산 투입한 경우로 분산투입 위치는 임의 지정한 것이다.

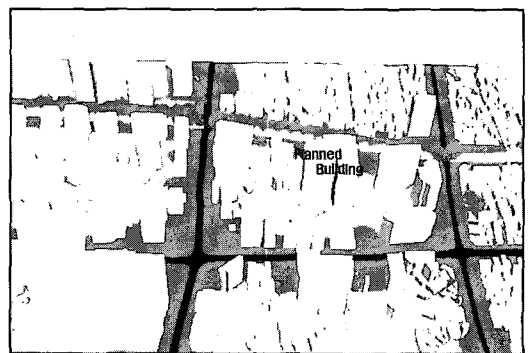
Table 7 Comparison of traffic noise levels

Road name	Distance (m)	Predicted noise level (dB(A))	
		$L_N^{(1)}$	$L_M^{(2)}$
Cheonggyecheon road	65	55.4	62.1
Samil road	210	51.8	60.4
Namdaemun road	150	54.6	54.7
Eulji road	110	56.9	58.3

- 1) Using "Prediction equation of road traffic noise," by National institute of environmental research of Korea
- 2) Noise mapping result



(a) Plane view



(b) 3D view

Fig. 9 Noise map after the completion of project

5.3 운영시

이 대상지역은 주변 도로에서 약 65~210 m 정도 이격되어 있어 장래 도로 교통소음에 의한 영향은 크게 작용하지 않을 것으로 보이나, Fig. 9에 나타난 바와 같이 주변지역은 현황소음도와 마찬가지로 교통소음의 영향이 지속적으로 작용할 것으로 판단된다. 주변 도로 부근의 하얀 점선은 규제 기준선을 표시한 것으로 점선 내부 지역은 “소음환경기준” 중 일반지역의 환경기준인 65 dB(A)(주간) 이내이므로, 대상지역은 도로 교통소음에 의한 영향이 미미할 것으로 사료된다.

소음지도 제작 결과 나타난 소음도가 평가서에 제시된 예측소음도 보다 다소 높은 경향을 보이는데, 이는 환경 영향 평가서의 경우 국립환경연구원의 『도로교통소음 예측식』에 따라 각 도로 구간별 소음도를 개별적으로 예측하는 것에 비해, 소음 지도 제작시의 경우 주변 도로의 영향이 동시에 적용되기 때문인 것으로 사료된다.

6. 요약 및 결론

환경영향평가에서의 소음도 예측은 대상지역의 지형 특성이 상세하게 반영되지 않고 있어 실측 소음도와는 상당한 차이를 보이기 때문에 문제점으로 부각되고 있다. 이의 해결방안을 모색하고자 이 연구에서는 영향평가서와 동일한 인자를 적용하여 현황, 공사시 및 운영시, 저감방안에 따른 소음지도를 제작해 보았다.

GIS개념을 도입한 소음지도의 제작으로 환경영향평가서 작성시 현황 소음도의 파악은 물론, 공사시 및 운영시의 소음도 영향을 지형 및 건축물에 의한 다중 반사, 회절, 흡음현상 등을 고려하여 보다 상세하게 예측할 수 있으며, 주 영향 소음원의 파악이 가능하다. 또한 소음레벨이 법적 한도를 초과하는 지역을 보다 쉽게 발견할 수 있으며, 이로 인한 소음 저감 대책의 효율 평가가 가능하여 현황측정으로부터 향후 이용시 사후환경영향조사의 계획수립에 이르기까지 저감방안의 적정성여부가 검토 가능할 것이다. 이는 비단 도심지 재개발 사업과 같은 일부 대상에 국한되는 것이 아니라 모든 일반적인 환경영향평가서 적용 가능 할 것이다.

그러나 보다 정밀한 소음지도 제작을 위해서는 무

엇보다 정확한 지형자료가 요구되며, 실제 공사시의 경우 건설기계의 작동이 여러 위치에서 동시에 다발적으로 일어나기 때문에, 건설장비의 위치 및 작업 스케줄은 물론 건설기계에 대한 주기적인 음향파워레벨의 측정 등을 통한 정확한 데이터의 정립이 요구된다. 또한 소음지도의 활용과정에서 소음지도에 표현되는 내용이 소음지도 종류에 따라 일부 상이할 수도 있기 때문에, 이의 해결을 위해 표준안이 마련되어야 할 것이다.

후 기

이 논문은 2005년도 서울시립대학교 연구교수 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

참 고 문 헌

- (1) 박영민, 2001, “21세기 소음·진동 환경정책방향 연구”, 한국환경정책·평가연구원.
- (2) 오진우, 2005, “국내의 소음지도 제작과 활용에 관한 연구”, 서울시립대학교 대학원.
- (3) (주)미래로 R.E.D, 2004, “을지로2가 5지구 도시환경 정비사업 환경영향평가서”(초안).
- (4) 박인선, 박상규, 2003, “정온한 도시환경을 위한 소음지도 개발 및 응용연구”, 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp. 1132~1186.
- (5) 국립환경연구원, 2003, “건설기계류 소음특성”.
- (6) Simon Shilton, 2003, “GIS Data Pre-Processing in Westminster City Noise Mapping”, Internoise.
- (7) Heinrich A. Metzen, 2003, “Large Scale Noise Mapping-strategies and Examples”, Internoise.
- (8) J.L. Bento Coelho, 2001, “Urban Noise Mapping-strategies and Objectives”, International Congress on Sound and Vibration.
- (9) European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise, 2003, “Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure”, WG-AEN.
- (10) “SoundPlan User’s manual”, SlundPlan.
- (11) John E. K. Foreman, 1990, “Sound Analysis and Noise Control”, Van Nostrand Reinhold.