

특집

소음지도

국내외 소음지도 제작현황과 활용방안

장서일*, 전형준, 고준희
(서울시립대학교 환경공학부)

1. 소음지도

1.1 소음지도의 정의

현재의 소음평가는 광역적인 지역보다는 특정지점에 대한 소음도 평가가 이루어지기 때문에 전체적인 영향을 파악하기 힘들며 이에 따른 결과도 수치적으로만 제시되어 일반인이 그 정도를 이해하는 것 또한 쉽지 않았다. 이러한 문제점에 대하여 해결책을 제시해 줄 수 있는 것이 소음지도이다.

소음지도는 이론적으로 증명된 예측식이나 실험상의 결과로 얻은 경험식 및 지리정보시스템(GIS, geographic information system)을 사용하여 소음의 수치와 분포를 계산하여 계절적인 변화나 시간적인 변화에 관한 데이터를 분석하여 시각적으로 제시하여 주는 지도이다. 즉 기존에 수치로만 표현되던 소음을 컴퓨터를 이용하여 등고선이나 색을 이용하여 시각화 시켜 보여줌으로써 소음에 대한 영향을 좀 더 쉽게 파악하고 평가할 수 있는 도구인 것이다.

소음지도는 소음도를 시각적으로 나타내어 주기 때문에 이를 판별하기 쉽고 지역적 분석이 이루어지므로 소음에 대한 광역적인 영향평가가 가능하다. 또한 대상 지역 내의 모든 소음원에 대한 영향을 고려하기 때문에 소음영향평가가시 정확한 예측이 가능하며 총괄적이고 체계적인 대안의 수립이 가능하며 지리정보시스템(GIS)과의 연계를 통하여 소음노출인구의 파악, 소음저감 대책이나 개발계획의 효율성까지도 판단할 수 있다.

이와 같은 내용은 유럽의 DIRECTIVE 2002/49/EC에

서도 확인 할 수 있다. 'strategic noise map'은 특정지역에서 다른 음원에 대한 영향예측이나 총괄적인 영향예측시 다목적 소음영향평가를 위한 소음지도라고 정의되며, 'noise mapping'은 소음도의 제시, 규제치 초과 여부, 특정지역에서 소음에 영향을 받은 인구수나 특정 소음도에 노출된 가계수의 조사과정에서 소음의 현황 파악이나 예측자료를 표현하는 것을 의미한다.

1.2 소음지도 제작과정

소음지도의 제작과정은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- (가) 대상지역의 선정 및 분석 방향의 결정 : 대상지역의 개략적인 소음영향의 정도를 파악하여 소음지도제작의 대상지역을 결정하고 그 활용목적에 따른 분석의 방향을 결정한다.
- (나) GIS DATA 수집 : 지형과 건물의 공간정보(위치, 고도, 면적, 높이 등)와 사회정보(세대수, 거주인구 등), 소음원정보(교통량, 속도, 차량의 종류 등) 등의 속성자료를 수집한다.
- (다) 현장 및 현황조사 : 수집된 자료의 검토 및 보완을 위해 현장을 확인하고 소음도를 측정하여 소음현황을 파악한다.
- (라) 모델제작 : 디지털지형모델(digital ground model)을 제작하고, 그 위에 현장의 건물 및 장애물의 설정, 음원의 설정, 세부해석지역의 설정을 한다.
- (마) 소음도 예측 : 소음지도 제작 프로그램을 이용하여 소음도를 예측한다.
- (바) 결과검토 및 출력 : 측정된 현황소음도와 비교검

표 1 소음지도 제작 프로그램에 내장된 예측식

소음원별 제품별	Road traffic noise	Railway noise	Aircraft noise	Industry noise
Lima(B&K사)	RLS 90 DIN 18005 RVS 3.02 NMPB/XPS 31-133 CRTN(L10 and LAeq) T2.1-302	SCHALL 03 DIN18005 AKUSTIK 04 TRANSRAPID OAL 30(ONORM S 5011) RN RMR/SRMII RLM2/ISO MSZ 2904	ECAC 29 AzB AzB-L DIN 45684 LBF simulation of moving point source	VDI 2714/ 2720 /2571 DIN 18005 DIN 18005 OAL 28 BS 5228 DAL 32
SoundPLAN (SoundPLAN사)	RLS-90 DIN 18005 RVS 3.02 STL-86 NPM NMPB-Routes-96 CRTN	Schall03 DIN 18005 ONORM S 0511 Semibel NPM CRN	Germany AzB / DIN 45643 ECAC (European aircraft noise model)	VDI 2714/2720 ISO-9613 DIN 18005 OAL-28 NPM
Cadna (DataKustik사)	FHWA RD-77 RLS-90 CRTN	Schall03 OAL-30 NPM CRN	AzB	ISO-9613 VDI 2714/2720 CONCAWE

토하고 결과를 출력한다.

지금 현재 국내외에서 사용되고 있는 소음지도 제작 프로그램 중 대표적인 것으로는 SoundPLAN, Lima, Cadna 등이 있으며 각 소음원별로 사용되어지는 예측식들을 표 1에서 보여주고 있다.



그림 1 Lima 소음지도 프로그램에 의한 3차원 모델

2. 외국의 소음지도 제작 현황과 활용

EU의 경우 환경소음저감을 위한 green policy를 발표하여 25만 이상의 인구를 가진 도시에 대하여 2007년까지 소음지도 제작을 의무화하였다. 또한 환경소음관리와 평가를 위해 주요 도로, 철도 및 공항 지역에 대해 소음지도 제작을 권장하고 있으며 이에 대해 기술적·재정적 투자가 상당히 진척되고 있다. 또한 HARMONOISE, IMAGINE 등의 산학연 컨소시엄을 구성하여 활발한 연구를 진행하고 있다.

EU환경소음정책의 기본사항으로는 첫째, 중요 도로, 철도, 공항에 대한 전략적인 소음지도 제작으로 환경소음 문제를 관리할 것, 둘째, 소음노출의 영향과 법령 제

정 시 시민에게 충분히 알리고 논의할 것, 셋째, 환경소음 개선이 필요하거나 유지해야 하는 장소에서는 소음저감 대책을 수립하게 하였다.

영국의 Westminster시¹⁰⁾는 소음문제를 해결할 수 있는 방안으로 EC의 제안에 따라 런던 중심의 약 30 km² 면적의 지역에 대한 세부적인 소음지도를 제작하였다. 이러한 소음지도 제작은 미래의 소음 정책을 대중에게 알려주고, 제안된 정책의 효과를 평가하는데 사용되었다. Westminster시 소음지도는 Lima프로그램으로 제작되었으며, 그림 1은 완성된 3차원 모델로서 Westminster시의 건물, 도로, 교량 및 지반 등고선 등을 나타내고 있다.

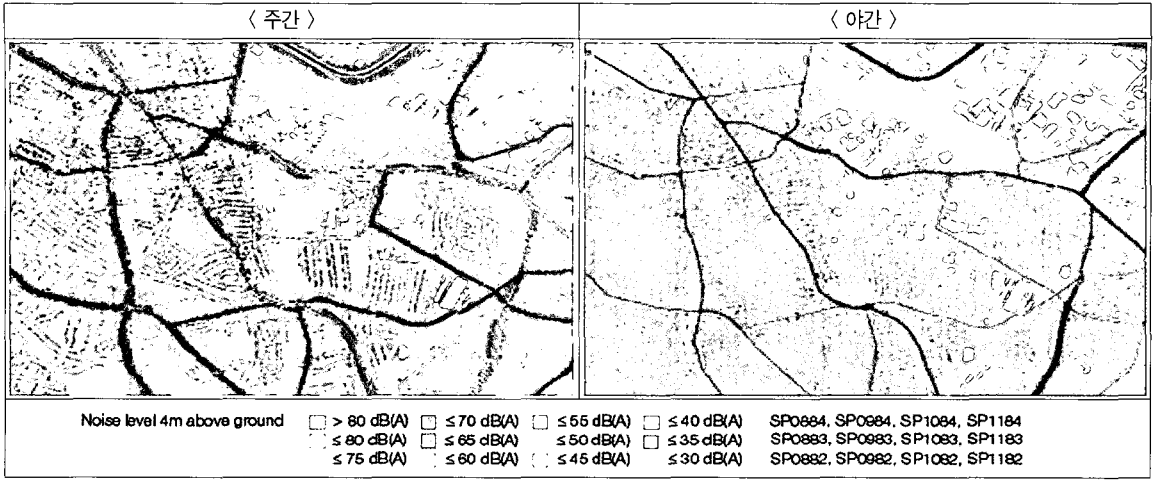


그림 2 Birmingham 시 주간 및 야간 도로교통 소음지도

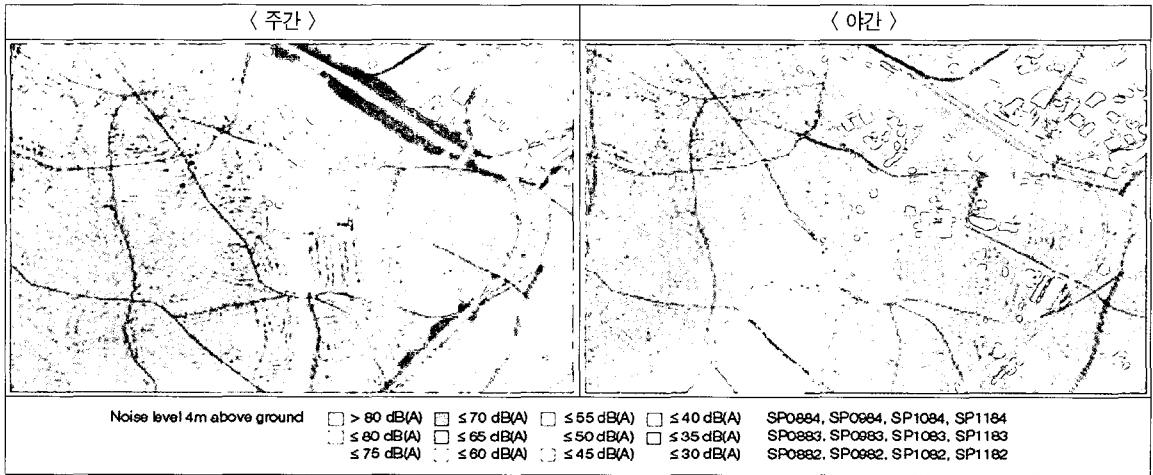


그림 3 Birmingham 시 주간 및 야간 철도교통 소음지도

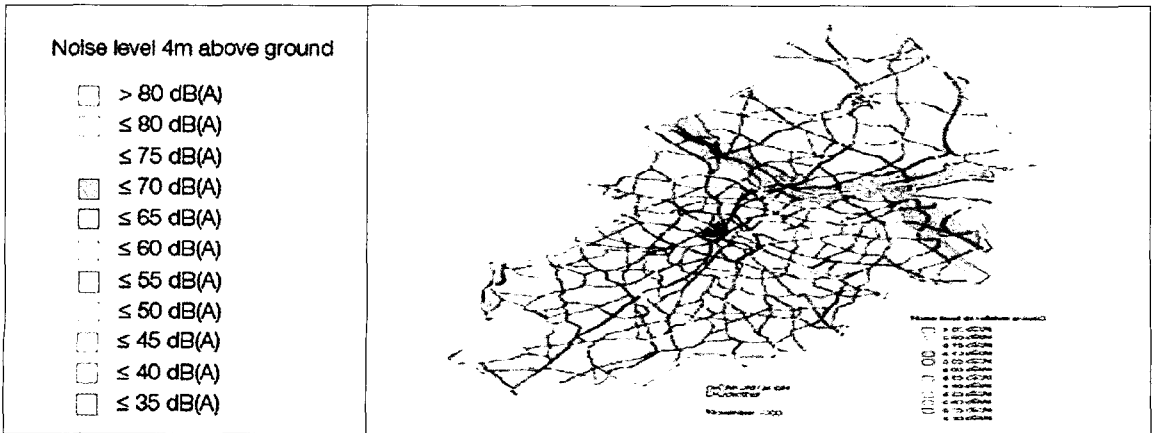


그림 4 Birmingham 시 전체 주간 소음지도(도로, 철도, 항공기소음 포함)



소음지도 모델은 세부적인 평가를 위해 개발되어 사용되고 있으며, 도시 계획의 평가, 런던 중심 도로 운임

요금소 부분의 소음 영향 평가, 도로교통 관리 시스템의 소음 영향, 도로교통 제한 계획의 소음 영향과 같은



그림 5 Stuttgart 공항 주변지역

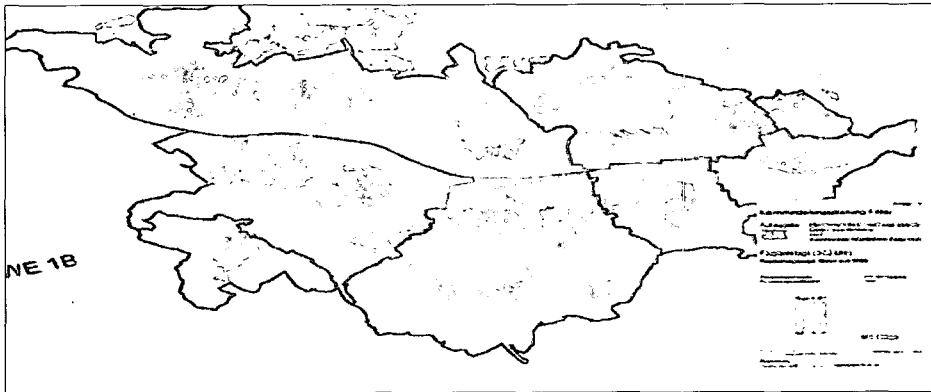


그림 6 Stuttgart 공항 주변지역의 소음지도

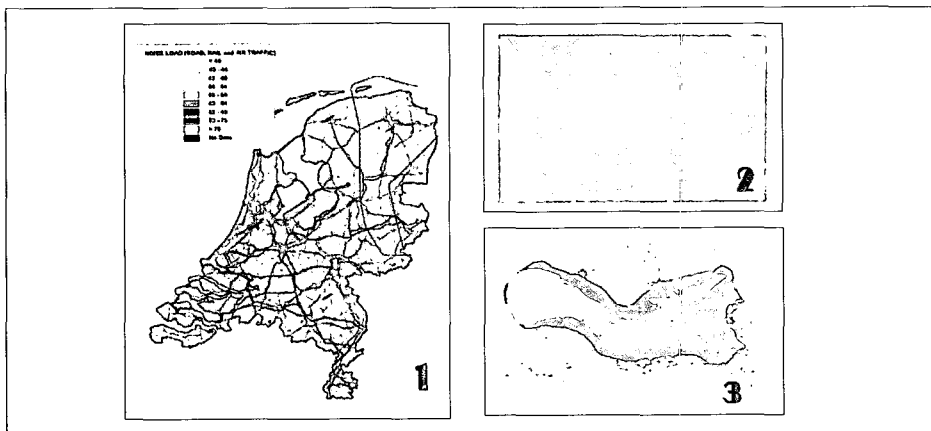


그림 7 네덜란드의 전국적인 소음지도

영향을 살펴볼 수 있다.

영국의 Birmingham시¹⁰⁾는 도시 전체를 도로교통소음, 철도소음 및 항공기소음에 따라 각각의 소음지도를 작성하고 이러한 데이터를 바탕으로 도시의 전체 소음지도를 작성하였다. 이러한 소음지도는 소음 등고선 내 총 면적, 건물의 수, 시민의 수와 같은 인자들을 확인할 수 있으며, 향후 법안들 또는 계획안들을 평가하기 위한 수단과 세부적인 소음 전략 계획을 개발하기 위한 수단으로 사용될 수 있다.

그림 2에서 볼 수 있는 것처럼 도로교통소음의 경우 주간에는 주요도로 주변 및 도시 전반에 걸쳐 소음도가 50 dB(A)이상으로 나타났으며, 야간에는 주요도로 주

변을 제외하고는 대부분 40 dB(A) 이하를 나타냄을 확인할 수 있다.

그림 3은 시내의 철도소음을 나타낸 것으로 철도주변지역에서 높은 소음도를 보이고 있으며, 특히 주간에는 야간에 비해 소음의 영향도가 더 큰 것을 확인할 수 있다.

그림 4는 위에서 살펴본 주간 도로교통소음, 철도소음 및 항공기 소음을 종합하여 소음지도에 보여주고 있다. 그림 4에서 볼 수 있듯이 중앙의 철도 부근이 높은 소음도를 나타내며, 도로 주변부로 소음이 역시 높은 것을 알 수 있다. 또한 오른쪽 하단 부근의 항공기 운항로 또한 높은 소음도를 보이고 있다.



그림 8 체코(Czecho)의 Praha 소음지도와 노출인구 산정표

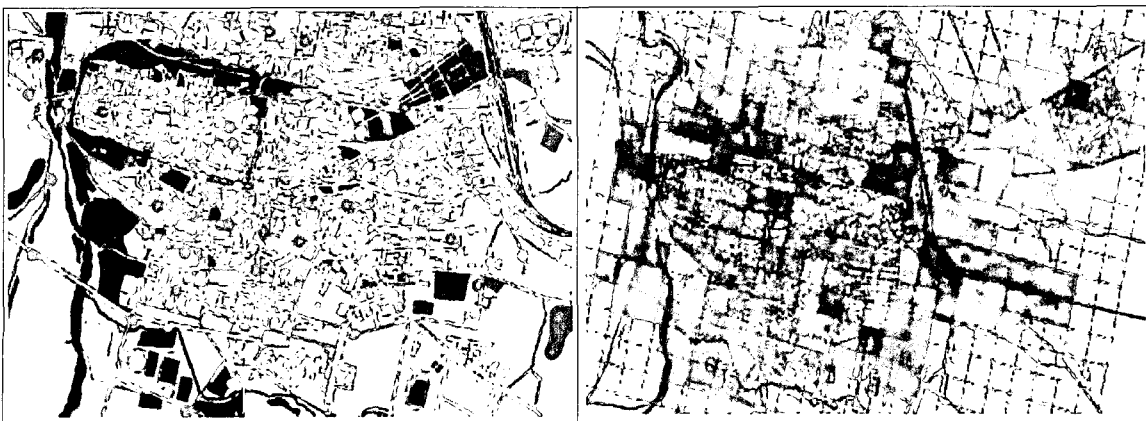


그림 9 스페인의 grid내 측정지점과 측정결과에 따른 격자소음지도

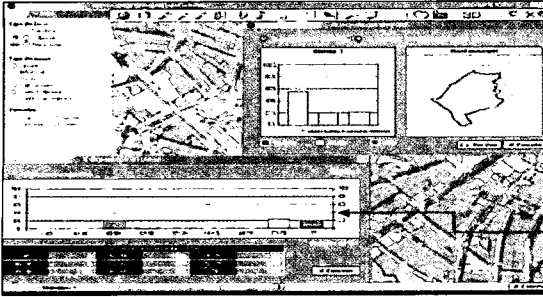


그림 10 소음지도를 이용한 소음폭로인구 산정 및 분석 예

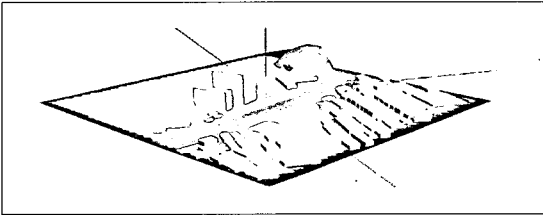


그림 11 망우역 부근 철도 소음지도

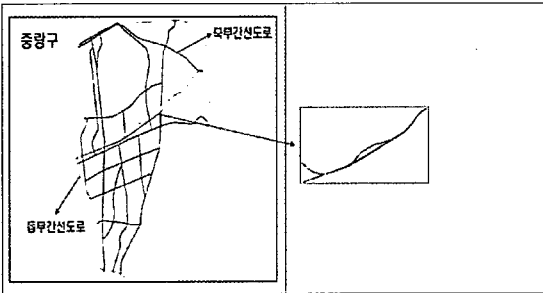


그림 12 서울시 중랑구의 도로현황 및 주변도

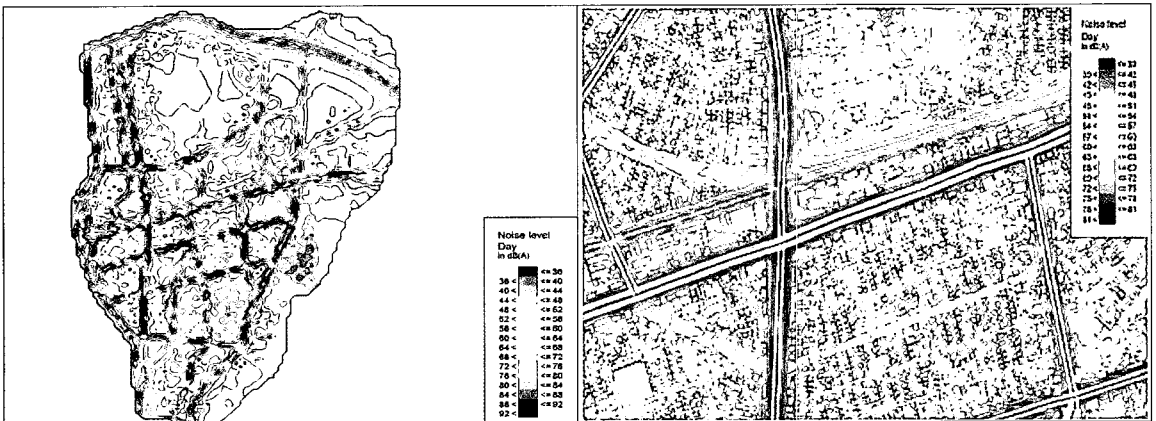


그림 13 서울시 중랑구의 소음지도

2001년에 독일의 Stuttgart 공항 주변을 대상으로 한 소음지도⁹⁾가 작성되었다. 이는 Stuttgart 공항지역의 항공소음에 대한 소음전략을 세우기 위해 Cadna를 사용하여 그림 5에 제시된 188 km²의 지역에 2 km×2 km의 격자에 대하여 그림 6과 같은 소음지도를 작성하였다.

그림 6의 소음지도에서 볼 수 있듯이 지도 중앙에 위치한 공항주변의 항공기 운항로를 중심으로 소음의 분포와 영향지역을 쉽게 확인할 수 있다.

네덜란드(Netherland)¹⁰⁾에서는 정부와 지방단체에서 매년 소음지도를 작성하고 있다. 그림 7의 소음지도는 전철을 포함한 전국적인 철도와 지방도로와 고속도로, 항공기 운항에 따른 소음자료를 바탕으로 GIS를 이용하여 매년 작성하고 있다.

그림 7-1은 네덜란드 전체의 소음지도이며, 그림 7-2는 Hague시의 소음지도의 일부분으로서 도로주변과 상업지역을 중심으로 소음도가 높은 것을 알 수 있다. 그림 7-3은 Rotterdam지역의 소음지도로서 항구주변 및 선박 운항로, 정박지역의 소음도가 높은 것을 나타내고 있다. 네덜란드의 경우 도로, 철도, 항공기뿐만 아니라 Rotterdam같은 항구에서는 선박들에 의한 소음도도 파악할 수 있다. 또한 위와 같은 소음지도는 도시계획에 있어서 새로운 건물, 아파트, 대규모 상업단지 건설에 있어서 매우 중요한 자료가 되며 이에 따라 신축건물의 배치, 높이가 결정된다.

그림 8은 체코(Czecho)의 Praha에서 작성한 소음지도¹¹⁾로서 소음원인 도로와 철도에 의한 소음도, 그리고 각 수음점에서의 소음도와 더불어 각 지역의 인구수 및 소

음에 노출되는 인구비율을 알 수 있도록 제작된 소음지도이다.

Spain의 소음지도⁶⁾는 앞에서 언급한 다른 유럽지역의 소음지도와는 다른 방법으로 작성되었다. 예를 들면 그림 9의 도시의 일정지역을 200×200의 grid 격자로 나누고 각 grid의 수음점에서 측정하여 격자 소음지도를 작성한다.

또한 이러한 소음지도를 이용하여 그림 10과 같이 소음폭로인구를 산정 할 수 있다. 그림 10과 같이 일정지역에서 소음도의 레벨별로 나누어서 지도를 작성하고 기준치를 초과하는 소음도의 분포율을 살펴본 뒤 이를 바탕으로 각 지역의 구획별 인구를 바탕으로 소음폭로 인구를 산정한다. 또한 이렇게 소음지도를 만들 때 쓰였던 여러 측정치와 측정방법들은 도로, 철도 등의 소음예측방법으로도 쓰이며, 각 데이터에 의하여 각 소음원에 대한 개별적인 분석이 가능하며, 앞으로의 도시설계계획에 이용하여 도시소음환경평가를 할 수 있다.

3. 국내소음지도 연구 및 제작 현황

국내에서는 현재 소음지도가 국소적인 소음현황 파악

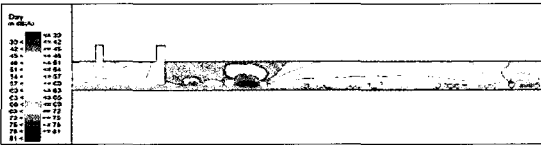


그림 14 소음의 현황파악

약과 소음대책의 효과를 예측하기 위해 주로 사용되고 있으며 아직까지는 행정구역단위의 소음지도가 작성되어 사용되고 있지 않다. 합리적이고 계획적인 소음의 관리를 위해 지방자치단체에 의한 소음지도의 제작이 필수적이며 이를 위해 소음지도의 활용목적에 따른 합리적인 표준안의 마련이 시급하다. 이러한 표준안의 인자로는 소음원의 설정기준, 예측식, 해석시 용도에 따른 격자의 크기, 건물/장애물의 적용여부, 도로, 철도, 항공기 등의 데이터의 통일성 확보 등이 있다.

Small-scale noise map은 그림 11의 서울시 중랑구 망우역 부근 철도 소음지도를 예로 들 수 있는데 철도노선 주위의 소음분포를 일반인도 쉽게 알 수 있으며 방음벽의 설치위치와 높이에 따른 소음저감 효과를 파악하기 위해 이용되었다.

Large-scale noise map의 제작은 서울시 중랑구의 소음지도⁷⁾을 예로 들 수 있다. 소음지도의 대상지역은 서울시의 중랑구를 대상으로 하며 약 가로 4km, 세로 5.5km의 면적에 443,246명이 거주(2002년)하고 있는 지역이다. 교통 현황을 살펴보면 그림 12에서 볼 수 있듯이 외곽으로 간선도로가 있으며 대상지역 동서로 중앙선이 관통하고 있다.

소음지도의 제작을 위해서는 기본적으로 지형이나 장애물 등 주변환경에 대한 자료와 교통량과 속도 등 음원산정을 위한 자료가 요구된다. 소음지도의 정확성과 신뢰성, 그리고 소음지도 제작의 효율성을 위해 이러한 자료는 관공서에 공개된 자료나 논문자료와 같이 공개적으로 습득 가능한 자료들을 사용하는 것을 원칙

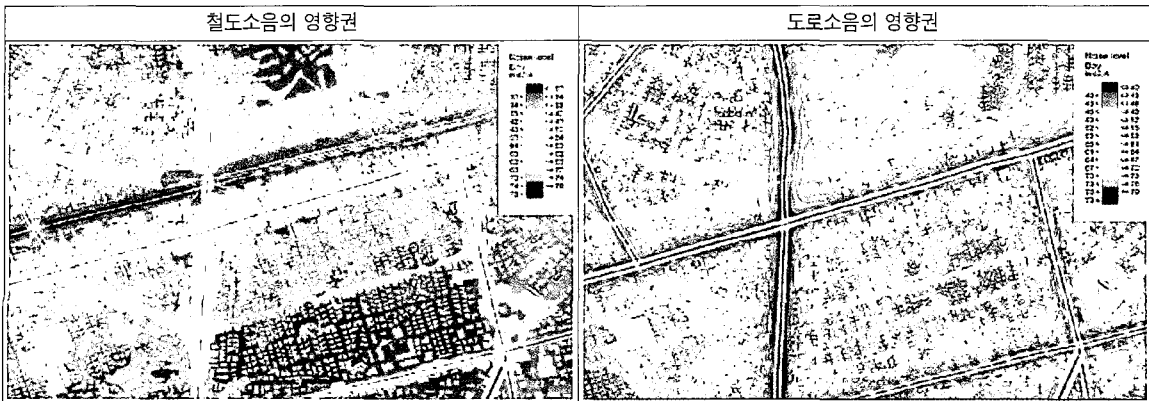


그림 15 주영향 소음원 파악

으로 하며 이에 부족하거나 보강할 부분에 한하여 최소한의 현장조사를 실시한다. 중랑구의 소음지도를 제작할 때의 경험과 현재의 실정에 맞는 자료의 수집 방법을 다음과 같이 간략히 설명한다. 첫째, 현재까지 속성 데이터(지형, 도로, 건물의 정보 등)를 구하기 위해서는 해당 지방자치단체의 도움을 얻거나 직접 조사하는 수밖에 없었으며 자료의 종류도 한계가 있었다. 그러나 1995년부터 NGIS사업을 실시하여 이러한 속성자료에 대한 데이터베이스를 구축해 오고 있고, 최근에 국토지리정보원(<http://ngi.ngic.go.kr>)에서 이러한 자료를 유통·판매 중인 것을 확인할 수 있었다. 둘째로 소음원의 계산에 필요한 도로속성데이터는 서울시의 경우, 대표적인 도로의 교통량과 속도를 서울시 교통국(<http://www.seoul.go.kr>)에서 공개하고 있고 주요 간선도로나 국도 등의 교통량 자료는 교통량 정보 제공 시스템(<http://www.road.re.kr/index.asp>)에서 확인할 수 있다. 소음원 산정에 필요한 세세한 교차로별 교통량과 방향에 따른 속도의 경우도 서울시 교통국에서 교통영향평가시 수집된 자료를 통합관리하고 있다. 세 번째로 교통영향평가가 이루어지지 않은 지역에서는 그 자료를 구할 수 없었으며 조사시기가 평일(수요일, 목요일) 오후 시간대(오후 5시~6시)로 한정되어있어서 주말이나 특정시간대의 소음지도 제작을 위해서는 추가적인 조사가 필요하였다. 그리고 자료가 있는 경우에도 교통영향평가시의 날짜와 연도가 달라서 이를 같이 적용하여 해석하는데 있어서는 하나의 오차 요인이 될 수도 있었다. 넷째로, 문제점으로는 지형과 건물에 의한 자료 이외에 방음벽과 같은 소음저감시설에 대한 자료는 찾아볼 수 없었다.

그림 13은 위와 같은 작업을 거쳐 SoundPlan을 이용하여 모델링한 소음지도의 일부이다.

그림 13에서 볼 수 있듯이 각 도로별 소음도가 크며, 특히 오른쪽 상세소음지도에서 볼 수 있듯이 철도소음만의 영향을 분리해서 확인할 수 있다.

4. 국내의 소음지도 활용방안의 모색

소음지도 제작은 다양한 소음의 분포를 표현하고 그 크기를 쉽게 알아 볼 수 있어 그 사용이 점차적으로 증가하고 있는 추세이며 다음과 같이 여러 가지 목적으로



그림 16 소음노출인구 조사

활용되어질 수 있다.

4.1 소음의 현황파악 및 주영향 소음원 파악

그림 14와 같이 소음지도는 시각적으로 소음현황의 파악이 용이하며, 수직방향으로의 소음분포의 표현도 가능하다. 또한 서로 다른 음원이 혼재되어 있는 경우 개별적인 측정에 의해서는 각 소음원의 영향 파악이 어렵다. 그러나 그림 15에서 보듯이 다수의 소음원이 혼재된 지역에서도 주소음원을 결정할 수 있다. 이러한 주소음원의 결정은 저감 대책 수립 시 주요 인자로서 적합하고 경제적인 소음저감대책을 수립하는데 많은 도움을 준다.

4.2 소음저감대책의 효율 평가 및 소음노출인구 조사자료

소음지도를 이용하면 다양한 소음저감대책의 개별적인 효과를 쉽게 확인할 수 있으며, 경제성 평가도 용이하다. 또한 그림 16에서 보듯이 소음지도를 이용하여 면적 및 인구밀도를 이용한 노출인구를 산정 할 수 있다.

4.3 환경영향평가시 소음지도 활용⁸⁾

환경영향평가에서의 소음도 예측은 대상지역의 지형특성이 상세하게 반영되지 않고 있어 실측소음도와는 상당한 차이를 보이기 때문에 문제점으로 부각되고 있다. 단계별 소음지도의 제작으로 환경영향평가서 작성시 현황 소음도의 파악은 물론, 공사시 및 운영시의 소음도 영향을 지형 및 건축물에 의한 다중반사, 회절, 흡음현상 등을 고려하여 보다 상세하게 예측 할 수 있

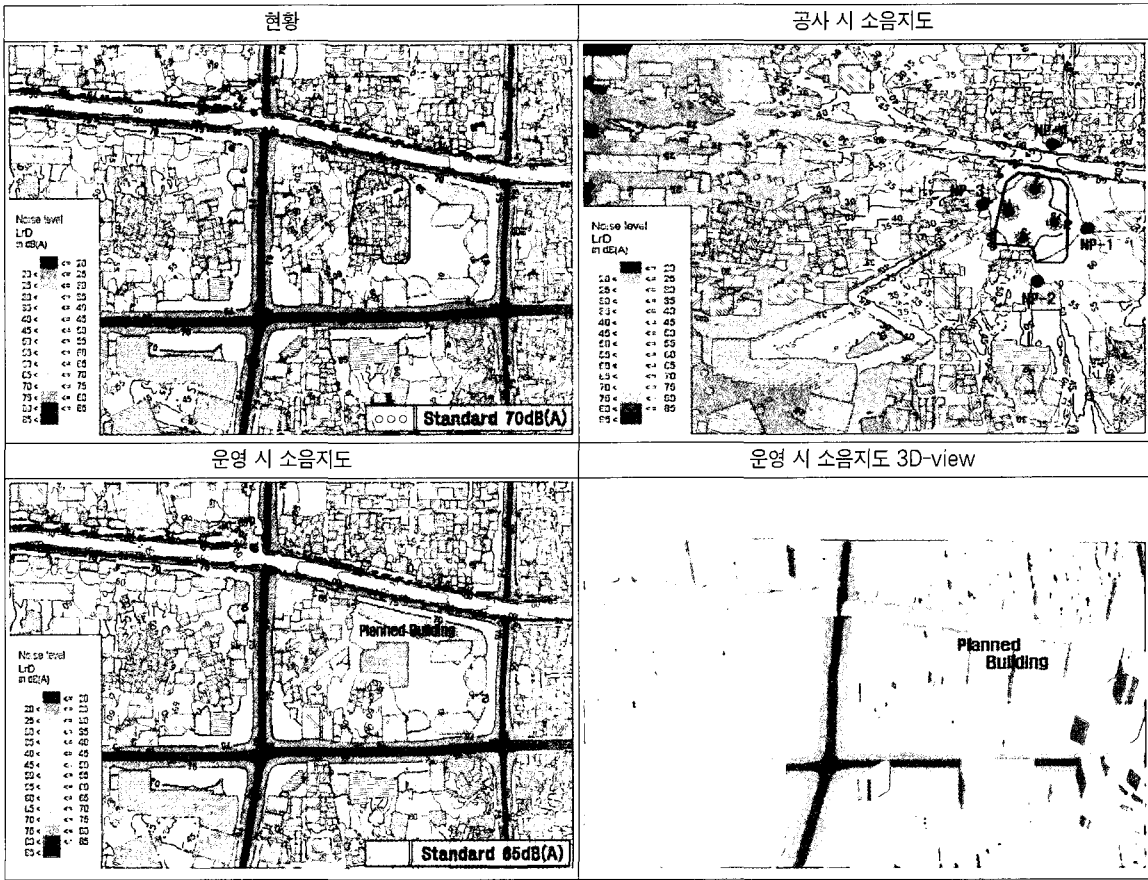


그림 17 환경영향평가 시 소음지도 활용

으며, 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 이용 시 사후 환경영향 조사의 계획수립에 이르기까지 저감방안의 적정성여부가 검토 가능하다.

4.4 전략적 소음지도의 제작⁹⁾

대도시를 중심으로 인구와 산업의 집중으로 인하여 소음민원을 포함한 각종 환경 문제가 대두되고 있다. 이에 기존 시가지 재 정비 및 신도시 건설 계획 등을 통하여 기존 도심지의 문제점을 해결하려 하지만 계획단계에서 환경문제 해결을 위한 준비가 부족한 실정이다. 이러한 도심지 관련 계획의 수립 시에 주요한 소음발생원인 교통소음을 저감하기 위하여 고려될 수 있는 도로

및 철도의 형태에 따른 소음도를 예측하여 소음측면에서 유리한 형태 제시 및 그 저감량을 정량화하여, 에너지 절약형 도시로서 인식되고 있는 도시공간 구조로서 압축도시(compact city)계획을 세울 수 있다.

4.5 유럽의 소음지도의 활용 예

일반적인 소음지도로는 도로소음지도, 항공기소음지도 등이 있으며, 특정 소음지도로는 특정 철도소음지도 및 산업활동 관련 소음지도 등이 있다. 공장의 경우 공장내부는 직업상 건강을 목적으로 한 소음지도를 작성하며, 공장 외부는 환경소음을 목적으로 한 소음지도를 작성하고 있다. 또한 가장 활발히 진행 중인 통합소음지도는 소음뿐만 아니라 대기질이나 교통량과 결합된 다목적 지도로 통합된 환경관리를 가능하게 한다. 노르웨이의 경우 사격장, 공사현장 등의 특정활동과 모터스

포츠를 위한 지역에 대해서도 제작하였다. 네덜란드는 소음지도 작성 후 그 자료를 바탕으로 noise zone내에는 음향예측 없이 건물의 건설 계획 허용불가 하고 있다. 프랑스도 신설 도로 및 철도 기반시설의 계획 또는 변경 시 영향평가를 위해 소음지도를 제작하고 있다. 스페인의 경우에는 다른 나라들과는 달리 실시간 측정을 통한 소음지도 제작으로 소음관리 시스템 운영(dynamic map), 저감대안의 수립과 소음노출 피해 연구 상황 제시하고 있다.

5. 국내 소음지도 제작과 이용의 활성화를 위한 방향

5.1 행정적인 추진체계 필요


일정 인구수 이상의 지방자치단체에서 의무적으로 제작하도록 유도하여 환경정책 수립 시 기초자료 제공할 수 있게 한다. 또한 소음지도를 제작할 수 있는 소음 전문 용역업체의 창업을 위한 지원을 확대하여야 하며, 환경영향평가가 시 활용 가능하도록 유도할 필요가 있다. 이를 위해서는 관련 학회와 협회를 통한 교육프로그램을 개발하여 보급하도록 한다.

5.2 GIS Data의 보완 및 확충

현재까지 GIS data(지형, 도로, 건물의 정보 등)를 구하기 위해서는 해당관공서의 도움을 얻거나 직접 조사하는 수밖에 없으며, 자료의 종류도 한계가 있다. 또한 건물과 장애물은 소음평가에 있어서 중요한 인자이나 우리나라에서는 국토지리원(<http://www.ngi.go.kr>)에서 판매하는 CAD data 형태의 수치지도의 경우 건물의 위치만을 알 수 있을 뿐이며 층수나 높이에 관한 자료는 알 수가 없다. 특히, 방음벽과 같은 시설물의 경우는 체계적으로 통합된 자료가 매우 부족하다. 또한 세대별 거주 인구수에 대한 데이터는 해당 관공서의 협조가 필수적이나 협조를 받는 것이 쉽지 않을뿐더러, 협조가 이루어진다고 해도 이를 체계적으로 정리하고 적용하기 위해서는 많은 시간이 소요된다.

5.3 국내실정에 맞는 소음예측식 및 소음지도 제작 도구(Noise Mapping Tool)의 개발

대부분의 소음지도 제작도구에서 사용되어지는 도

교교통소음, 철도소음, 항공기 소음 등의 소음예측식은 외국에서 개발된 것이므로 국내실정에 맞게 수정 및 보완될 필요가 있으며 장기적인 안목에서 볼 때 독자적인 연구에 의해 소음예측식을 개발할 필요가 있다. 또한 소음지도 제작도구의 경우도 국내 전용의 소음지도제작프로그램의 개발이 필요하며 이를 위한 HARMONOISE나 IMAGINE[®]과 같은 산학연의 연구 개발콘소시움의 설립이 필요한 시점이라 할 수 있다. 

참고문헌

- (1) Simon Shilton, [489]GIS Data Pre-processing in Westminster City Noise Mapping, p.2901 INTER NOISE 2003.
- (2) A Report on th Production of Noise Maps of the City of Birmingham, 2000, www.defra.gov.uk/environment/noise/birmingham/report/index.htm
- (3) Heinrich A. Metzen, [N38]Large scale noise mapping-strategies and example, p3440 INTER NOISE 2003 www.imagine-project.org, IMAGINE-State of the Art.
- (5) <http://www.ceroi.net/reports/prague/issues/noise/maps.htm>
- (6) Oh, J. W., Hong, S. H. and Chang, S. I., 2004, "Assessment of noise impact due to the increase of railway line", Internoise 2004, The 33rd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Prague, Czech Republic.
- (7) 오진우, 장서일, 이기정, 2004, "국내의 소음지도 제작과 활용에 대한 연구", 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집, pp. 778~781.
- (8) 이시원, 장서일, 최진권, 박영민, 2005, "도심지 개발사업에 따른 환경영향평가지 소음지도의 적용 방안에 관한 연구", 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp. 535~540.
- (9) 고준희, 장서일, 이승일, 이창효, 2005, "도시계획에서의 소음지도 활용방안 연구", 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp. 905~910.