

GIS와 3차원 소음지도를 이용한 소음 폭로인구 산정 방법에 관한 연구

Efficient method to estimate the number of exposed people to industrial noise using the GIS and three dimensional noise mapping

고준희†·이기정*·안장호**·장서일***

Joon-Hee Ko, Ki-Jung Lee, Jang-Ho An and Seo-Il Chang

Key Words : Noise mapping, The exposed population, GIS, Three dimensional noise mapping

ABSTRACT

Reasonably accurate estimation of the exposed population to the distinct levels of noise is essential to the efficient management of urban environmental noise. This study proposes a method of calculating the number of exposed people to industrial noise by using GIS tool and noise mapping. The exposed population of noise based on estimation of the number of people that lived in each building in urban area is compared with the one based on density of population. This study suggests the six step method that consists of gathering the fundamental data, extracting the property from the digital map, noise mapping based on the three dimensional topography, estimating population that lives in each building, merging the various results with GIS tool, and estimating exposed population to industrial noise through analyzing the noise map with GIS tools

1. 서 론

인구가 밀집된 대도시 지역에서의 소음은 공공건강에 심각한 문제가 되고 있다. 높은 소음에 대하여 매우 불편함, 스트레스, 피곤함, 혈압변화, 수면장애 등의 영향을 주는 것으로 알려져 있다¹⁾. 2005년 환경부의 환경소음 측정결과에 의하면 전국 29개 도시 중 90%인 27개 도시에서 환경소음 기준을 초과한 것으로 조사되었으며²⁾, 2006년부터 2010년까지 현재의 심각한 소음을 저감하기 위하여 건설소음, 도로교통소음, 철도소음, 항공기소음원등을 포함한 종합적인 소음 저감대책을 수립하기로 하였다³⁾.

한편, 현재의 환경소음의 평가단위로는 A 특성 보정된 음압레벨에 의하여 평가되고 있으나, 단순한 음압레벨(dB(A))에 의한 평가는 소음의 피해 상황을 평가하기에는 매우 단순하고, 소음저감대책의 수립에 있어서 의사결정 수단으로서 사용하기에는 매우 부족한 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 제안되는 평가방법중의 하나는 소음 폭로인구 산정이 될 수 있다. 각각의 소음도에 폭로되는 인구를 산정하여 실제 환경소음으로 인한 피해정도를 정량적으로 산정할 수 있다. EU (Europe Union)의 소음지도 제작

및 평가를 위한 WG-AEN (European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise)에서 제안한 인구 산정의 방법은 단위 건물 단위의 계산방법을 추천하고 있다⁴⁾.

그러나 인구밀도가 매우 높고, 도시의 공간구조가 매우 과밀화된 지역의 경우에는 인구 산정을 위한 조사가 경제적, 기술적인 어려움이 따르며, 각각의 소음도에 대한 소음 폭로 인구산정을 위해 인구 및 건물 정보에 관한 data base가 구축되어야 하지만, 여러 가지 제약들이 따르기 때문에 인구 및 건물에 대한 정보를 수집하는 것은 매우 힘든 과정이다. 또한 실제의 인구조사를 통한 기초 데이터베이스 구축은 현장조사에 막대한 비용이 들기도 하지만 시간의 경과에 따른 자료의 갱신이 매우 난해한 문제로 남아 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 수치지도, 인구 통계정보 등의 기존 자료를 이용하여 인구수를 추정하는 방법 등이 매우 유용할 것으로 판단된다.

인구의 추정방법으로는 인구 통계 중 인구 밀도와 해당 폭로 면적을 산정하여 각각의 소음도에 대한 소음폭로 인구 산정하는 방법이 기존 연구 되고 있다⁵⁾. 그러나 이러한 인구밀도를 이용한 소음 폭로인구의 산정은 실제 거주하지 않은 지역(도로, 산, 강, 바다, 나대지등)에 대해서도 폭로 인구가 산정되는 불합리한 점이 존재한다.

이러한 불합리한 방법을 극복하기 위하여 본 연구에서는 건물에 거주하는 거주 인구를 추정하여 실제 거주하는 지역에서의 소음 폭로 인구를 산정하였으며, 정확도를 높이기 위하여 실시되었다. 이 방법은 주거건물에 거주하는 주거민의

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

* 서울시립대학교 대학원 환경공학과

** 서울시립대학교 대학원 환경공학과

*** 서울시립대학교 환경공학부

수를 추정하여 각각의 소음도에 대응시켜 소음도에 따른 각각의 소음 폭로인구를 산정토록 하였다.

2. 연구 방법

본 연구에서 각각의 소음도에 폭로되는 인구 산정을 위하여 5단계로 구성된 절차를 설계하여 연구를 시행하였다. 자료의 수집 및 분석에서부터 각각의 소음지도 제작프로그램을 이용한 3차원의 건물 및 지형을 구현하여, 소음의 예측에 있어서 다중 회절 및 다중 반사가 이루어지도록 고려하였으며, GIS tool을 이용하여 도시내의 건물 및 인구 산정을 하였다. 결과를 다시 개별 건물에 대응시켜 정량적인 인구 산정이 가능토록 하였다.

Fig. 1.는 소음지도 제작 및 소음 폭로 인구 산정을 위한 절차도로서 다음과 같이 연구가 실시되었다.

제 1단계 : 정보의 수집 (Gathering the information)

제 1단계에서는 소음지도 제작 및 인구 추정을 위한 기초 정보를 수집하였다. 수치지도는 국립지리원에서 구입하였으며, 축척은 가장 일반적으로 많이 사용하는 1:5000 축척을 사용하였다. 수치지도의 지형정보는 5m단위의 등고선이 존재하며, 이는 각각의 높이 및 위치에 관한 속성 등을 획득할 수 있다. 또한 건물, 하천, 도로 등과 같은 객체는 위치정보를 포함하고 있다. 또한 건물의 높이에 관한 정보는 수치지도에 포함되어 있지 않기 때문에 현장에서 사진촬영 및 현장 조사를 통하여 직접 확인하여 사용하였다. 또한 인구에 관한 정보로는 통계청 및 해당 지자체에서 인구 및 단위행정구역에 관한 기본 정보를 제공하고 있다.

제 2단계 : 수치지도로부터의 속성인자 추출 (Extract the property from digital map)

다양한 축척의 수치지도는 국립지리원에서 판매하고 있으며, 본 연구에서는 1: 5000 축척의 수치지도를 이용하였다. 수치지도는 다양한 정보가 layer별로 구분되어 있다. 예를 들면 지형 정보인 5m 간격의 등고선은 위치정보와 지형고도 정보가 함께 포함되어 있으며, 건물, 도로, 하천 등은 위치정보를 포함하고 있다.

제 3단계 : 소음지도 제작과 인구 추정(Noise mapping and calculating the number of people)

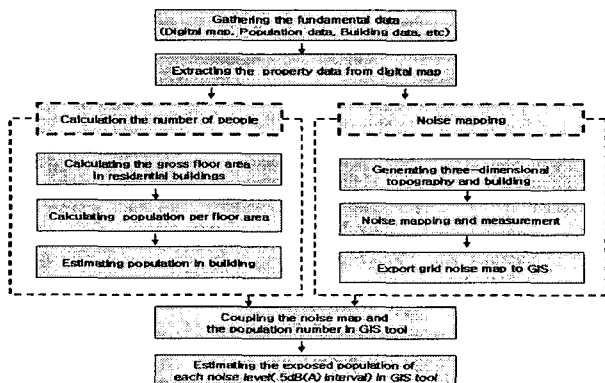


Fig. 1. 소음폭로 인구 산정을 위한 절차도

3차원의 소음지도 제작을 위하여 제 2단계에서 추출된 지형정보와 건물정보를 이용하여 지형 및 건물을 3차원으로 구현하여 소음지도를 제작하였다. 또한 인구 산정은 인구 통계자료 와 GIS를 이용하여 건물 면적 등을 계산하여 건물에 거주하는 인구수를 추정하였다.

제 4단계 : 소음지도와 각각의 건물에 해당하는 인구정보의 결합 (Coupling the noise map and the number of people on the building)

GIS 프로그램을 이용하여 소음지도와 건물당 인구를 결합하여 건물에 폭로 되는 소음도를 결합하여 예측소음도와 그에 해당하는 소음도를 산정할 수 있도록 하였다.

제 5단계 : 소음 폭로 인구의 추정 (Estimating the exposed population of noise)

4단계에서 결합된 소음도와 인구추정치를 통하여 5dB(A) 간격으로 인구수를 산정하였으며, 최종적으로는 인구 밀도와 소음폭로 지역을 이용한 소음폭로인구 산정을 실시하여 비교 분석을 실시하였다.

본 연구에서 소음 폭로인구를 산정하기 위하여 기초자료로는 대상지역 및 주변지역이 포함된 수치지도 1:5000 축척 6장을 연결하여 사용하였으며, 인구 통계는 해당 지자체의 통계연보를 참고하였다. 소음지도 제작프로그램으로는 SoundPlan을 이용하였고, 인구 통계 및 주거 공간 분석을 위하여 ArcGIS ver 8.3을 사용하였다. 또한 대상소음은 주간 및 야간동안에 일정한 소음레벨(sound pressure level)을 발생하는 공장소음을 대상으로 하였다.

3.1 연구결과

(1) 대상지역 현황 및 예측소음도 검증

본 연구의 대상지역은 Fig. 2와 같이 경상북도 P시의 공장소음으로 인한 영향이 예상되는 지역으로 2개의 송도동과 해도동을 대상으로 하였다. 소음원인 공장과 소음 예상 지역 사이에 넓이 약 500m의 강이 존재하며, 주요 소음원으로는 각종 제철공정의 단위 설비에서 소음이 발생하는 것으로 조사되었다.

소음지도 제작을 위하여 Fig.3과 같이 건물 및 지형을 3차원으로 구성하여 소음 예측에 있어서 다중 회절 및 다중 반사를 고려토록 하여 실제 소음의 전파과정과 최대한 유사하도록 하였다.

소음지도의 제작과 검증에 있어서 주변의 도로교통소음 및 생활소음의 영향을 배제하기 위하여 공장소음의 특성상

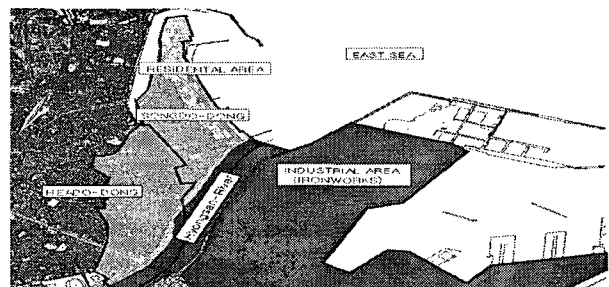


Fig. 2. 소음영향지역의 현황도

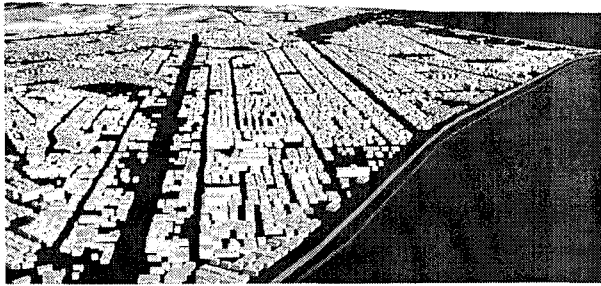


Fig. 3 소음 영향 예상 지역의 지형 및 건물의 3차원 지도

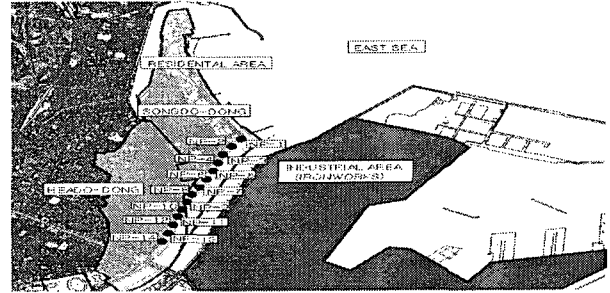


Fig. 4 소음도 현황 측정지점

Table 1 소음도의 표시 방법

sound pressure level (dB(A))		Color name	RGB code
	I ≤ 35	Light green	50,205,50
35 <	II ≤ 40	Green	0,255,0
40 <	III ≤ 45	Dark green	0,100,0
45 <	IV ≤ 50	Yellow	255,255,0
50 <	V ≤ 55	Ochre	204,119,34
55 <	VI ≤ 60	Orange	255,165,0

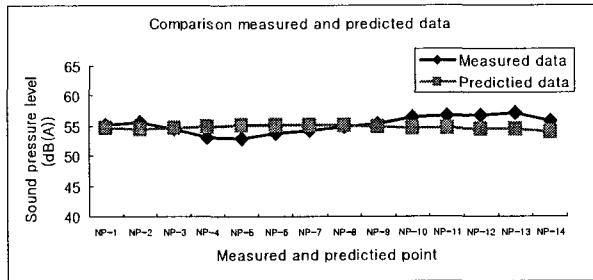


Fig. 5 예측 소음도와 실측 소음도의 비교

주간 및 야간 소음이 일정하므로 야간소음을 대상으로 소음의 예측 및 실측을 실시하였다. Fig.4는 야간시간대에 있어서 소음의 측정지점을 나타낸 것이며, 소음지도 제작 프로그램은 SoundPlan을 이용하여 예측을 실시하였으며, 예측에 사용된 방법은 ISO 9613-2를 사용하여 소음예측을 실시하였다.

Table 1.은 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 인구 산정에 있어서 색상의 통일성을 기하였다⁶⁾.

예측된 소음도를 검증하기 위하여 현장 소음측정을 실시하였다. 측정지점은 공장소음을 비교적 정확히 측정할 수 있는 소음영향 예상 지역에서 소음원에서 가장 근접한 지점에 14개의 지점을 선정하여 각각의 소음도를 측정하였으며, 측정 시간대는 교통량이 없는 심야 시간대를 이용하여 측정을 실시하였다.

예측된 소음도를 검증하기 위하여 현장 소음측정을 실시하였다. 측정지점은 공장소음을 비교적 정확히 측정할 수 있는 소음영향 예상 지역에서 소음원에서 가장 근접한 지점에 14개의 지점을 선정하여 각각의 소음도를 측정하였으며, 측정 시간대는 교통량이 없는 심야 시간대를 이용하여 측정을 실시하였다.

Fig. 4은 소음 영향예상 지역에서 실측 소음도와 예측 소음도를 비교한 것이다. 14개 지점에서의 실측소음도와 예측 소음도를 비교한 결과 0.1 dB(A) - 2.8dB(A)인 것으로 조사되었다. 한편, ISO 9613 PART 1,2에 의한 예측 소음도는 100m에서 1000m까지는 약 3dB의 정확도이다⁷⁾.

(2) 인구밀도에 의한 소음폭로인구 산정

대상지역에서의 소음지도 제작 프로그램을 이용한 소음지도를 제작한 후 공간분석을 위하여 공간 분석 프로그램인 GIS 프로그램에서 소음지도를 재구성 한 후 각각의 행정구역별 소음도에 해당하는 면적을 산출하였다. Fig.6은 소음원으로 부터 발생하는 소음의 영향권을 5dB(A)간격으로 표시한 것이다.

소음도의 면적을 GIS에서 폴리곤으로 소음도 지역을 형성한 후 면적을 산정한 결과 Table 2와 같이 면적이 산정되었다.

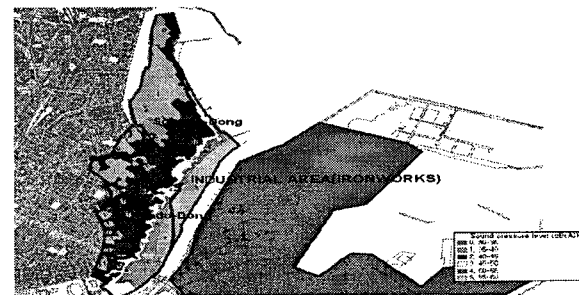


Fig.6 GIS에서 폴리곤으로 형성한 5dB(A)간격의 소음지도

Table 2 소음도 면적 산출 결과

Sound level	Heado-Dong (m ²)	Songdo-Dong(m ²)
30-35(dB(A))	2,432	12,409
35-40(dB(A))	332,521	655,093
40-45(dB(A))	1,013,245	541,358
45-50(dB(A))	210,899	141,306
50-55(dB(A))	258,695	92,676
55-60(dB(A))	124,020	360,353

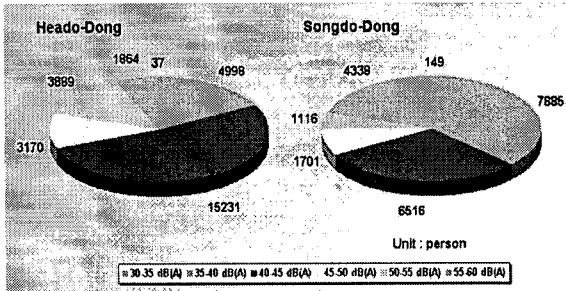


Fig. 7 소음도 면적에 기초한 소음 폭로인구 산정 결과

Table. 2와 같이 산정된 소음도 면적을 각각의 행정구역별 인구밀도를 이용하여 다음의 식을 이용하여 산정하였다. 인구밀도는 해당 지자체의 주민등록현황에 기초한 인구밀도 통계를 이용하였다.

$$N_{EPI} = A_{Ni} * PD_A \quad (1)$$

여기서 N_{EPI} 는 각각의 해당하는 소음 폭로인구, A_{Ni} 는 Table 2에서 산정된 소음지역의 면적이며, PD_A 는 해당 행정구역의 인구밀도이다.

Fig.7은 소음도 면적에 기초한 소음폭로 인구 산정한 결과이다. 산정결과를 살펴보면 행정구역에 포함된 강이나 바다와 같은 곳에도 폭로 인구가 산정되어 불합리한 부정확한 소음 폭로 인구 산정이 되는 결과를 확인할 수 있다. 이와 같은 방법은 도로교통 소음이나 철도 소음원에 의한 소음도 예측에 있어서 사람이 실제 거주하지 않는 나대지, 임야, 도로, 등과 같은 곳에서도 폭로인구가 산정되는 부정확한 결과를 보이게 된다.

(3) 주거건물에 거주하는 인구수 추정에 의한 소음 폭로 인구 산정

일반적으로 소음영향이 예상되는 지역에는 다양한 용도의 건물과 학교, 나대지, 도로 등이 혼재하여 존재한다. 소음의 예측에 있어서 소음의 전파 특성상 지형 및 지물에 매우 민감하게 회절과 반사를 통하여 그 소음도가 상이하다. 이러한 이유로 소음의 예측시에는 3차원의 지형 및 건물이 중요한 요소로 인식되고 있다. 또한 소음 폭로 인구의 정량적인 산정을 위해서도 소음도 면적과 인구밀도에 의해 산정되는 폭로 소음도는 실제로 거주하지 않는 지역에서의 폭로 인구가 산정되는 문제점이 발생하기 때문에 주거 건물을 통한 소음 폭로 인구 산정이 매우 중요하다.

Fig. 8는 GIS 프로그램에서 소음도의 정보와 건물정보는 공간통계분석(Spatial Statistical Analysis)을 이용하여 각각의 면적과 인구를 산정하였으며, Geoprocessing wizard를 이용하여 각각의 속성을 건물 중심으로 결합시켰다³⁾.

건물에 거주하는 인구의 산정은 다음 식을 이용하여 산정하였다.

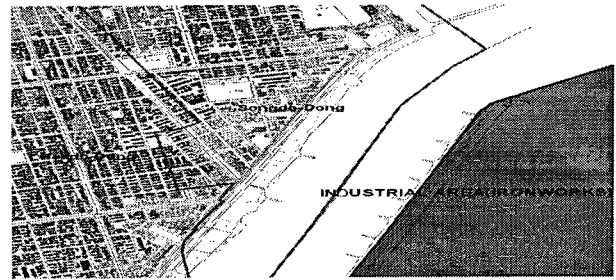


Fig. 8 소음도와 건물 속성 정보를 결합한 소음지도

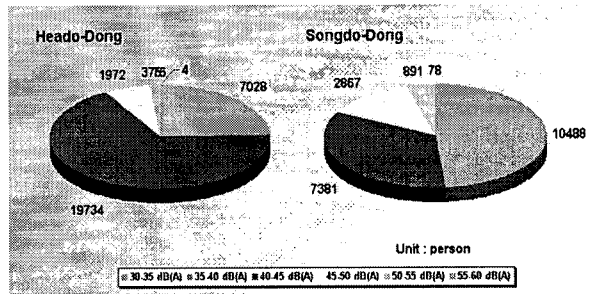


Fig. 9 소음도별 폭로 인구 산정 결과

$$N_{EPI} = \sum(P_{NBi}) = \sum\left(\frac{P_{TN}}{A_{TB}} * A_{NBi}\right) \quad (2)$$

여기서 N_{EPI} 는 i소음도에 노출된 인구수. P_{NBi} 는 i소음도에 노출된 건물에 거주하는 추정된 인구수, P_{TN} 는 해당 행정구역의 총 인구수, A_{TB} 는 해당 행정구역의 건물의 총 연면적, A_{NBi} 는 개개 건물의 연면적이다. 식(2)에 의한 방법으로 건물에 폭로되는 소음도에 따른 폭로인구수의 산정은 Fig. 9와 같다.

(4) 폭로 인구 산정결과 비교

주거용 건물에 폭로 되는 소음도와 건물에 주거하는 인구 추정에 의한 폭로 인구 산정 (이하 B 방법)과 소음도 지역과 폭로 인구 인구밀도의 관계를 통한 소음 폭로 인구 산정 방법(이하 A 방법)에 의한 폭로 인구를 비교한 결과는 Fig. 10과 같다.

각각의 방법에 의한 소음폭로 인구 산정 결과 55-65dB(A)의 소음도 폭로 지역에서 B방법에 의한 폭로 인구 산정시에는 4명이 산정되었으며, A방법에 의한 소음폭로 인구는 6,202명인 것으로 추정되었다.

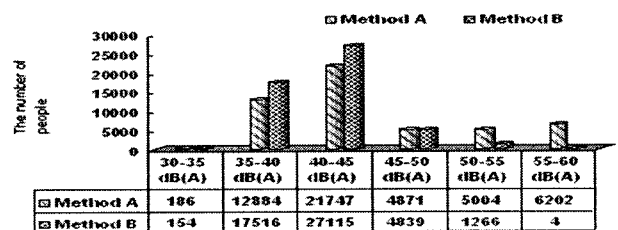


Fig. 10 폭로 소음도 산정결과 비교

소음지도에서 이 지역은 소음원과 근접한 형산강 및 고수부지 지역으로 주거지역이 아닌 것으로 조사되었다. A방법에 의한 폭로 인구는 주거건물을 대상으로 하기 때문에 실제 소음 폭로 지역을 B방법보다는 정확한 것으로 연구되었다.

4. 결론

본 연구에서는 소음도에 따른 소음 폭로인구를 정량적인 산정을 위한 방법을 연구하였다. 보다 정확한 소음 폭로 인구 산정을 위하여는 인구의 전수 조사 또는 주민등록 전산망을 이용한 데이터 베이스 구축이 필요하지만, 여러 가지 정보의 수집이 용이치 않은 상황에서 소음 폭로 인구 추정을 위한 연구를 진행하였다. 소음 폭로 인구 산정을 위하여 필요한 정보의 수집에서부터 소음 지도의 제작 및 GIS프로그램을 이용한 폭로 인구 산정을 위한 절차도를 작성하였다. 또한 소음 폭로 인구 산정에 있어서 인구 밀도를 사용한 방법과 건물 단위의 소음폭로 인구 산정방법을 비교한 결과 후자의 방법이 소음폭로인구를 실제 소음 폭로 인구를 더 잘 표현할 수 있는 방법으로 연구되었다. 향후 공장 소음뿐만 아니라 주요 소음원으로 인식되는 도로교통 소음, 철도소음, 항공기소음, 생활소음 등을 대상으로 정량적인 소음 폭로 인구 산정과 함께, 과밀화된 도시에서 고층 건물의 높이에 따른 소음 폭로 인구 산정 방법에 관한 연구를 시행하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

5. 후 기

본 연구는 과학재단 특정기초과제 “폭발성 충격소음의 생성 및 전파 시뮬레이션과 위해성 분석”(RO1-2006-000-10301-0)를 수행하면서 얻어진 결과이며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) G. Bluhm외 3인. 2003, "Aircraft noise exposure and cardiovascular risk among men—First results from a study around stockholm Arlanda Airport", *Internoise*
- (2) 환경부, 2005, "2005년도 상반기 소음측정망 운영결과", 환경부, <http://www.me.go.kr/dev/board> .
- (3) 환경부, 2006, “ 생활소음 대폭 개선 추진”, 환경부 <http://www.me.go.kr/dev/board> .
- (4) WG-AEN(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”.
- (5) 박인선, 박상규, 2005, “Over-ride Value 소음지도를 이용한 소음노출인구 산정방법 연구”, 한국 소음 진동 공학회 논문집, Vol.15No.7 pp859-864.

- (6) 한국 표준협회, 2004, “음향-소음의 표시 및 측정방법-제2부: 적절한 토지이용을 이위한 음향 데이터의 수집 (KS A ISO 1996-2)”, 한국표준협회.
- (7) Margeet Beuving Paul de Vos, 2004, “Improved Methods for the Assessment of the Generic Impact of Noise in the Environment”. *internoise*.
- (8) 한국ESRI교육센터, 2003, "Introduction to ArcGIS", 한국ESRI교육센터