

도로교통소음의 주요 예측인자 분석 및 예측지침

Analysis of Major Factors and Guideline for Road Traffic Noise Prediction

강 대 준* · 이 재 원* · 구 진 회*

Daejoon Kang, Jaewon Lee and Jinhoi Gu

(2009년 8월 6일 접수 ; 2010년 5월 10일 심사완료)

Key Words : Road Traffic Noise(도로교통소음), 3D Noise Map(3차원 소음지도), Noise Impact Assessment (소음영향평가)

ABSTRACT

The noise map has been applied to predicting the effect of noise and establishing the noise abatement measure for several years overseas. However the introduction of the noise map in Korea is at the initial stage. Thus, we surveyed the several prediction models for road traffic noise used in EU, and the method of applying the noise map in noise impact assessment. In order to improve the noise impact assessment we have to apply the noise map, and propose the guideline of predicting the road traffic noise. We intend to obtain coherency and accuracy of prediction results. As a result of this study, we know that the prediction guideline is an essential prerequisite in order to predict the unified and accurate road traffic noise.

1. 서 론

최근에는 사전예방차원에서 환경의 영향을 예측하는 것이 환경정책을 추진하는데 있어서 중요한 이슈로 관심을 받고 있다. 국내에서는 환경영향평가 제도를 통하여 이러한 역할을 하고 있으나, 도로교통소음 예측의 경우 복잡해지는 주변환경, 복합적인 소음원, 넓은 범위 혹은 도심지나 공동주택의 높이 별 소음을 예측하는데 한계⁽¹⁾를 나타내고 있는 실정이다. 따라서, 좀 더 현실적이고 정확한 도로교통소음을 예측하기 위하여 소음예측프로그램을 활용하였으며, 주요 예측인자 분석 및 예측지침을 제안하여 소음환경영향평가를 개선하고자 한다.

2. 주요 예측인자 분석

† 교신저자 ; 정희원, 국립환경과학원
E-mail : dj kang@me.go.kr
Tel : (032)560-7394

* 정희원, 국립환경과학원

2.1 소음원과 관련된 영향인자

소음원과 관련된 영향을 살펴보기 위하여 교통량 변화, 속력변화, 교차로 영향, 도로구배변화, 도로표면변화를 살펴보고자 선행연구⁽¹⁾에서 검증된 NMPB 모델⁽²⁾을 사용하여 비교해 보았다. 먼저 교통량의 변화는 교통량을 3,000대로 하였을 경우와 3,000대의 70%인 2,100대로 하였을 경우 교통량을 30% 감소시켰을 때 소음도의 변화는 소음예측프로그램에서 -2 dB 감소하는 것으로 나타나고 있다. 속력의 변화는 도로의 기준속력인 50 km/h로 하였을 경우와 50 km/h의 80%인 40 km/h로 변화하였을 경우 소음도의 변화는 소음예측프로그램에서 -0.6 dB 감소하는 것으로 나타나고 있다. 도로구배 변화는 도로가 평탄한 경우와 5%의 구배를 가진 경우를 비교해보았다. 도로구배의 변화에 따른 소음도 변화는 차량이 올라갈 때는 소음도가 0.97 dB 증가하고, 내려갈 때는 소음도가 0.97 dB 감소하는 것으로 나타났다.

2.2 전파경로와 관련된 영향인자

전과경로와 관련된 영향은 거리감쇠, 건물의 영향을 살펴보았다. 음원(도로)으로부터 15m 떨어진 거리에서의 소음도와 30m 떨어진 거리에서의 소음도를 비교해보면 3.2 dB 감소하고 30m 거리에서 60m 거리로 멀어질 때 3.1 dB 감소하는 양상을 보여 선 음원 감쇠현상을 보여주고 있다. 또한 건물이 있을 때 건물의 반사음의 영향으로 주변의 소음도가 증가하는 것을 알 수 있다.

2.3 수음점과 관련된 영향인자

수음점과 관련된 영향인자로 등고선의 적용에 따른 변화와 높이별 소음도변화 양상을 분석하였다. 등고선의 적용여부에 따라 지형의 높낮이가 발생하여 소음의 전파를 막는다거나, 퍼져나가게 하는 등의 소음의 전파양상이 많이 달라지며, 또한 소음지도를 활용하여 높이별 소음도를 예측할 경우 건물이 도로에서 떨어진 거리가 달라짐에 따라 높이별 소음도의 변화양상도 달라지는 것을 알 수 있다.

3. 소음예측지침의 필요성 검토

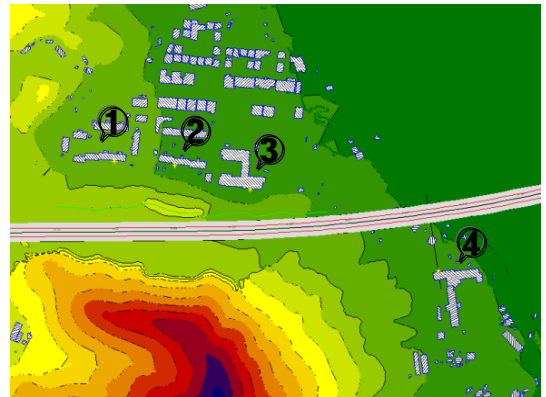
3.1 소음예측프로그램을 활용한 도로교통 소음 예측^(2,3)

소음예측프로그램(Sound Plan, LimA)을 적용한 대상지역은 주변에 공동주택 및 학교가 있고, 산 등이 있어 지형이 비교적 복잡한 지역이다. 고속도로의 건설이 예정된 지역으로 도로교통소음이 주소음원이 될 것으로 판단된다. 대상지역의 도면은 Fig. 1(a)와 같다. 1, 2번 지점은 15층 공동주택으로 도로로부터 각각 108m, 99m 떨어진 곳에 위치하고 있으며, 3, 4번 지점은 5층 높이의 학교로 도로로부터 각각 58m, 100m 떨어진 곳에 위치하고 있다. 도로 전체 폭은 30m로, 상행선 15m, 하행선 15m로 되어 있는 도로이다. 교통량은 소형 3,831대, 대형 1,720대, 속력은 100 km/h로 계획된 도로이다. 지형정보는 디지털맵의 등고선 정보를 활용하였으며, 건물의 높이는 건물의 층수를 조사하여 설정하였다. Fig. 1(b)는 기본 모델에 등고선을 적용하여 3차원으로 나타낸 그림이다.

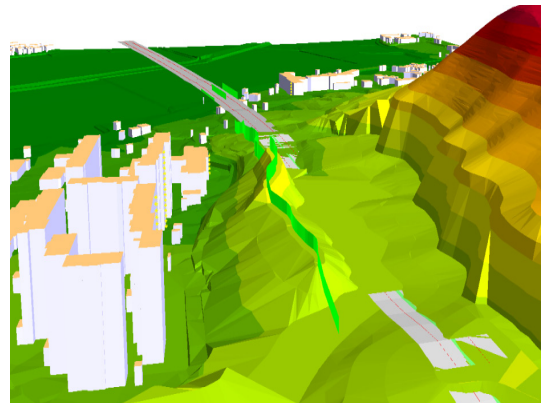
위 지역의 예측은 두개의 소음예측프로그램을 활용하여 비교해보았다. 소음예측프로그램에서는 외국의 예측모델 중 NMPB 모델을 사용하였다. 예측은 두 가지의 경우로 나누어 수행하였다. 첫 번째 경우

는 객관적인 정보 즉, 교통량, 속력, 예측모델, 그리고 지형정보 등의 기본 정보를 공통적으로 적용하여 두 명의 사용자가 그 외의 예측인자를 자신의 주관대로 설정하여 예측한 결과이고, 두 번째 경우는 첫 번째 경우처럼 기본적인 정보를 공통적으로 적용함과 동시에 그 외의 예측인자들도 통일하여 두 명의 사용자가 예측한 결과이다. Table 1(a)는 객관적인 정보만을 공통적으로 적용하여 예측한 결과를 나타내고 있고, (b)는 (a)에서 나타난 차이의 원인을 분석하고, 객관적인 정보 외에 예측시 설정되는 모든 인자들의 값들을 통일시켜 예측한 결과를 나타내고 있다. Table 1(c)는 주요 입력인자들에 대한 값을 나타내고 있다.

Table 1(a)에서 예측결과가 사용자에게 따라 크게 차이가 남을 알 수 있다. 이렇게 예측결과가 다르게 나타난 주요 원인을 살펴보면 바람의 영향은 지형의



(a) Outline of selected site



(b) 3-D model of selected site

Fig. 1 The configuration of selected site

높낮이가 큰 지역이나 높이별 소음의 예측시 차이를 가져올 수 있고 소음원과 관련해서는 소음원의 방사넓이를 도로 중앙 혹은 도로전체 폭으로 설정하는 등의 차이와 상·하행을 구분하여 적용하는 등의 차이에 따라 소음의 전과경향이 달라진다. 전과경로와 관련해서는 지면 및 건물외벽의 반사음을 어떻게 설정하는냐에 따라 예측결과에 차이가 난다. 또한 평가방법에서도 소음의 평가단위를 통일할 필요성이 있음을 알 수 있다. 마지막으로 수음점과 관련해서는 건물외벽에서 떨어진 거리, 건물에서의 반사음을 해석결과에 포함시키는지의 여부가 이러한 차이를 나타냄을 알 수 있다. Table 1(b)를 살펴보면 두 가지 프로그램의 예측결과와 차이가 ± 3 dB이하로 수렴되는 것을 알 수 있다.

Fig. 2는 건물의 높이별 소음도와 함께 거리별 소음도를 함께 계산하여 나타내고 있다. Fig. 2를 살펴보면 거리별 소음도와 함께 가장 소음의 영향이 큰 건물 등을 한 눈에 파악할 수 있는 장점이 있다. 또한 방음벽 등의 소음저감대책에 따른 소음도 저감 현황까지 데시벨 단위로 표현이 가능하다.

Table 2는 소음도 차이의 원인이 되었던 주요 예측

인자를 통일하여 적용하면 소음예측프로그램이 서로 다르고, 사용자가 서로 달라도 예측결과가 ± 3 dB이하로 수렴함을 보여주고 있다. 따라서, 통일된 예측지침 마련^(4,5)이 필수적이며 이에 따라 예측을 하여야 함을 알 수 있다. 여기서 사용된 구체적인 예측지침은 뒤의 '4. 도로교통소음의 예측지침 설정'에 정리하여 제시하기로 한다.

3.2 실측값과의 비교

앞에서는 실제 지역을 모델화하여 프로그램에 따른

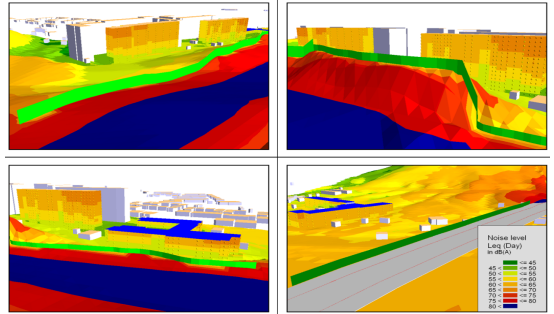


Fig. 2 Facade map and grid map

Table 1 Comparison of the predicted noise level by individual prediction model

| (a) Case-I (Unit : dBA) | | | | | (b) Case-II (Unit : dBA) | | | | |
|-------------------------|-------|-----------|-----------|------|--------------------------|-------|-----------|-----------|------|
| Reception point | Floor | Program 1 | Program 2 | 2-1 | Reception point | Floor | Program 1 | Program 2 | 2-1 |
| 1 | 1st | 52.4 | 63.8 | 11.4 | 1 | 1st | 56.3 | 59.0 | 2.7 |
| | 5th | 61.7 | 66.9 | 5.2 | | 5th | 65.5 | 65.2 | -0.3 |
| | 10th | 66.2 | 69.1 | 2.9 | | 10th | 70.1 | 69.4 | -0.7 |
| | 15th | 70.0 | 70.3 | 0.3 | | 15th | 73.1 | 71.0 | -2.1 |
| 2 | 1st | 52.3 | 56.8 | 4.5 | 2 | 1st | 56.1 | 55.5 | -0.6 |
| | 5th | 58.0 | 64.2 | 6.2 | | 5th | 64.0 | 65.9 | 1.9 |
| | 10th | 67.0 | 66.9 | -0.1 | | 10th | 70.0 | 71.1 | 1.1 |
| | 15th | 69.0 | 68.1 | -0.9 | | 15th | 72.0 | 72.0 | 0 |
| 3 | 1st | 54.7 | 58.0 | 3.3 | 3 | 1st | 58.5 | 58.0 | -0.5 |
| | 3rd | 56.8 | 61.9 | 5.1 | | 3rd | 63.1 | 61.9 | -1.2 |
| | 5th | 65.8 | 69.9 | 4.1 | | 5th | 70.1 | 69.9 | -0.2 |
| 4 | 1st | 68.5 | 70.0 | 1.5 | 4 | 1st | 72.0 | 69.2 | -2.8 |
| | 3rd | 71.1 | 70.8 | -0.3 | | 3rd | 74.8 | 72.3 | -2.5 |
| | 5th | 73.9 | 71.2 | -2.7 | | 5th | 76.5 | 73.8 | -2.7 |

(c) Applied condition of prediction

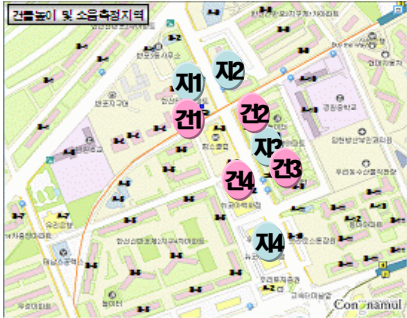
| Classification | Wind (m/s) | Temp. (°C) | Emission width of traffic source (m) | Absorption of surface | Absorption of building | Distance of building (m) | Angle of receiver point (°) | |
|----------------|-------------|------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----|
| Case-I | Program 1 | 1 | 20 | 7.5×2 | 0.5 | 1 | 0.1 | 180 |
| | Program 2 | 4 | 10 | 30 | 0 | 0 | 1.0 | 360 |
| Case-I | Program 1,2 | 0 | 20 | 15×2 | 0 | 0 | 1.0 | 360 |

오차나, 혹은 사용자에 따른 오차를 최소화하기 위한 통일된 예측지침을 도출하기 위한 과정이었다면, 여기서는 앞에서 마련된 예측지침에 따라 또다른 여러 지역을 대상으로 실측값¹⁾과 소음예측프로그램

의 예측결과를 비교하고자 한다. 위와 마찬가지로 도로교통소음 예측식은 NMPB를 사용하였다.

서초구 반포동 주변은 적절한 도로교통소음 예측 모델의 선정을 위한 대상지역으로 모델링했던 지역

Table 2 Comparison of measured with predicted road traffic noise level at Banpodong



| Reception point | Altitude (m) | Measured data (dBA) ① | Predicted data (dBA) | | Difference (①-②) |
|-----------------|--------------|--------------------------|----------------------|-----------|------------------|
| | | | Program 1 ② | Program 2 | |
| G-1 | 1.5 | 70.0 | 72.7 | 73.5 | -2.7 |
| G-2 | 3 | 71.3 | 72.8 | 73.5 | -1.5 |
| G-3 | 3 | 72.2 | 72.6 | 72.0 | -0.4 |
| G-4 | 1.5 | 70.1 | 74.2 | 75.0 | -4.1 |
| B-1 | 40 | 64.4 | 67.4 | 67.5 | -3.0 |
| B-2 | 36 | 66.4 | 67.5 | 67.3 | -1.1 |
| B-3 | 1.5 | 70.1 | 72.4 | 74.7 | -2.3 |
| B-4 | 36 | 66.4 | 67.8 | 66.2 | -1.4 |

Table 3 Comparison of measured with predicted noise level combined with road traffic noise and railway noise near Suwon station

| Reception point | Measured data (dBA) ① | Predicted data (dBA) | | Difference (①-②) |
|-----------------|--------------------------|----------------------|-----------|------------------|
| | | Program 1 ② | Program 2 | |
| 1 | 73.8 | 73.9 | 74.2 | -0.1 |
| 2 | 75.9 | 76.6 | 77.0 | -0.7 |

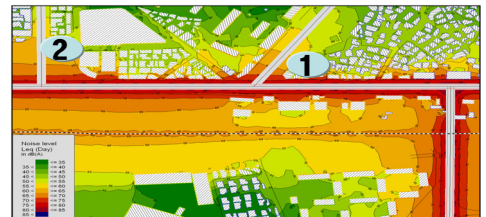


Table 4 Comparison of measured with predicted noise level combined with road traffic noise and railway noise near Chunan station

| Reception point | Measured data (dBA) ① | Predicted data (dBA) | | Difference (①-②) |
|-----------------|--------------------------|----------------------|-----------|------------------|
| | | Program 1 ② | Program 2 | |
| 1 | 61.7 | 62.3 | 63.0 | -0.6 |
| 2 | 58.7 | 60.0 | 60.8 | -1.3 |
| 3 | 56.5 | 59.0 | 58.2 | -2.5 |

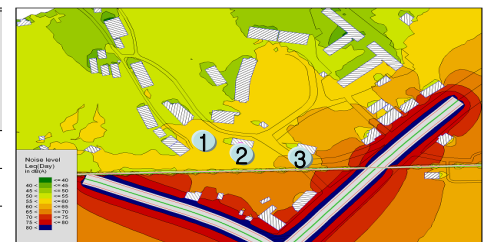
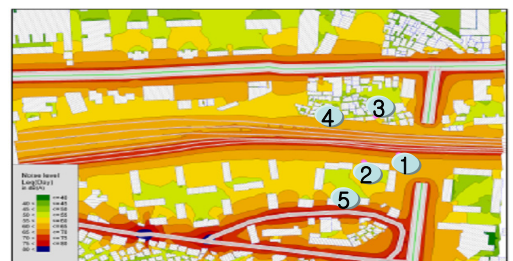


Table 5 Comparison of measured with predicted noise level combined with road traffic noise and railway noise near Guro station

| Reception point | Measured data (dBA) ① | Predicted data (dBA) | Difference (①-②) |
|-----------------|--------------------------|----------------------|------------------|
| | | Program 1 ② | |
| 1 | 70.1 | 68.1 | 2.0 |
| 2 | 65.7 | 63.2 | 2.5 |
| 3 | 57.9 | 59.0 | -1.1 |
| 4 | 64.1 | 64.1 | 0 |
| 5 | 60.2 | 60.4 | -0.2 |



으로 통일된 예측 지침에 따라 다시 한번 예측하였다. 측정은 연세대학교 산학협력단에서 수행하였으며, 측정위치는 Table 2에 표시된 7지점에서 수행하였다. 실측값과 예측결과를 비교하여 Table 2에 나타내고 있다.

수원역 주변은 도로교통소음과 철도소음이 혼재하는 지역이다. Table 3을 살펴보면 프로그램별로도 거의 일치하는 결과를 보이고 있으며, 실측값과의 차이도 0.7 dB 이하로 나타나고 있다.

천안역 주변은 도로교통소음과 철도소음이 혼재하는 지역이다. Table 4를 살펴보면 프로그램별로도 거의 일치하는 결과를 보이고 있으며, 실측값과의 차이도 2.5 dB 이하로 나타나고 있다.

구로역 주변은 도로교통소음과 철도소음이 혼재하는 지역이다. Table 5를 살펴보면 실측값과의 차이가 2.5 dB 이하로 나타나고 있다.

전체적인 예측결과를 종합해보면 소음예측프로그램을 적용하여 각 대상지역의 도로교통소음 및 일부 지역에 대해서는 철도소음과 함께 예측한 결과 실측값과의 차이가 대부분 3 dB이하로 예측되는 것을 알 수 있다.

4. 도로교통소음 예측지침 설정

4.1 일반사항^(4,5)

(1) 적정 예측모델

적정 예측모델은 특히 건물이 많은 복잡한 지역에 실측값과 가장 작은 차이를 보인 NMPB와 CRTN 중의 하나를 사용한다면 적정할 것으로 판단되며,⁽¹⁾ 기타 예측식에 대해서는 좀 더 많은 검토가 필요할 것으로 보인다.

(2) 예측범위

예측범위를 한정하는 소음도의 기준은 환경정책기본법의 소음환경기준과 일치하도록 주간은 50 dBA 이상 지역을 예측범위로 정하고, 야간은 40 dBA 이상 지역을 예측범위로 정한다. 참고로 위의 소음도는 현재의 소음영향평가에서도 준수하여야 하는 기준이 되는 소음도이다.

(3) 소음평가단위

도로교통소음 평가단위는 시간구분에 따른 관련 시간대의 등가소음도(L_{eq})로 한다.

4.2 소음원관련

(1) 교통량

교통량은 1시간 교통량을 기준으로 하며, 도로의 건설이 예정되어 현재 측정을 할 수 없을 때에는 교통량 영향평가에서 예측된 교통량을 근거로 침두시 1시간 교통량의 70%를 도로교통소음예측의 기준이 되는 교통량으로 한다. 단, 현재의 교통량을 측정할 수 있는 지역에서는 일주일 중 가장 교통량이 많은 요일이나 시간에 측정된 1시간 교통량을 기준으로 한다.

(2) 속력

도로가 건설되는 지역의 영향평가의 경우 도로교통소음 예측의 기준이 되는 속력은 해당 도로의 설계속력을 기준으로 한다. 단, 현재의 속력을 측정할 수 있는 지역에서는 일주일 중 원활한 통행이 이루어지는 날의 1시간 동안의 속력을 측정하여 평균속력을 기준으로 한다.

(3) 대형차 및 소형차의 혼입비율

앞에서 권장한 예측모델의 경우, CRTN모델은 자동차의 중량 1.5t를 기준으로 대형차 및 소형차를 구분하고, NMPB 모델의 경우 자동차의 중량 3.5t를 기준으로 대형차 및 소형차를 구분한다.⁽¹⁾

(4) 소음방사넓이

여기서는 소음방사넓이를 도로의 차선 수나 교통량과 상관없이 도로 전체에서 방사되는 것으로 한다. 즉, 도로의 넓이와 같게 한다.

4.3 전파경로관련

전파경로와 관련된 예측인자로는 지면흡음, 건물반사, 등고선적용, 그리고 건물높이 등이 있다.

(1) 지면흡음

대상지역이 일반적인 도심지라면 지면 흡음은 없는 것으로 한다. 그러나, 주변이 녹지나 산 등의 지면 흡음을 특별히 고려해야 하는 지역이라면 평균적인 지면 흡음률을 적용할 수 있다.

(2) 건물반사

대상지역에 영향을 미치는 건물이 있다면 그 건

물은 완전반사체로 적용한다. 즉, 건물의 흡음이 없는 것으로 한다. 단, 흡음형 방음벽이 있을 경우 방음벽의 흡음률을 적용할 수 있다.

(3) 등고선 적용

등고선정보는 대상지역의 수치지도에 담겨있는 등고선 정보를 그대로 적용하여야 한다. 그리고 도로나 건물의 건설시 지형의 높이를 변화시켜 이루어진다면 변화된 지형의 높이를 적용하여 예측하여야 한다.

(4) 건물높이

건물높이는 가능하면 실제 높이로 하여야 한다. 단, 건물이 소음에 영향을 크게 미치지 않거나 실제 측정이 불가능한 경우에는 건물의 층 수를 조사하여, 단독주택은 2.6~3.0 m × 층수, 공동주택은 2.6~2.8 m × 층수, 상가는 3.3~4.0 m × 층수로 하여 높이를 산정할 수 있다.

4.4 수음점 관련

수음점과 관련된 예측인자로는 격자의 크기 및 높이, 그리고 건물외벽 조건 등이 있다.

(1) 격자의 크기 및 높이⁽⁶⁾

격자의 크기는 10×10 m 이하로 하는 것이 적당하다. 또한 격자의 높이는 1.5 m로 한다.

(2) 건물외벽 조건

건물외벽의 높이별 소음을 예측하기 위한 조건으로는 건물에서 소음원 방향으로 1.0 m 떨어진 거리에서의 소음을 예측하여야 하며, 건물의 반사음까지 예측에 포함시켜야 한다.

5. 결 론

(1) 소음영향평가를 개선하기 위하여 소음지도의 적용이 가능하며 이는 복잡한 건물의 영향 및 높이별 소음도를 좀 더 현실적으로 예측할 수 있다.

(2) 소음지도를 적용하여 도로교통소음을 예측하기 위해서는 통일된 예측지침 마련이 선행되어야 한다.

(3) 일반사항, 소음원, 전파경로, 그리고 수음점과 관련된 예측인자를 통일하여 예측결과의 통일성 및 정확성을 확보할 수 있다.

(4) 소음영향평가 절차에 따라서 가시적인 소음현황, 공동주택의 층별 소음도 등 좀 더 현실적인 소음도의 예측이 가능하고, 소음저감대책 전후의 소음도 변화를 파악할 수 있다.

참 고 문 헌

(1) Park, S. K., et al., 2007, "Study for Drawing up Noise Map(I) - on Road Traffic Noise," National Institute of Environmental Research, Seoul, Korea.

(2) Oh, J.-W., et al., 2004, "Study on the Noise-mapping Procedure in Korea and Application of Noise Map," Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference 2004, pp. 778~781.

(3) Lee, S.-W., et al., 2008, "Utilizing Noise Mapping for Environmental Impact Assessment in a Downtown Redevelopment Area of Seoul, Korea," Applied Acoustics, Vol. 69, Issue 8, pp. 704~714.

(4) Manvell, D., 2004, "SADMAM Combining Measurements and Calculations to Map Noise in Madrid," Inter-Noise 2004, Prague, Czech Republic.

(5) Pinto, R., 2005, "Case-study for the Development of Noise Map at Different Scales," ICSV12, Lisbon, Portugal.

(6) Park, S. K., et al., 2010, "Effects of Grid Size on Noise Prediction Results of Road Traffic Noise Map," Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 20, No. 2, pp. 199~204.

(7) European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise, 2006, Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure, Ver. 2, Final Draft.

(8) Kang, D. J., et al., 2008., "Improvement of Environmental Impact Assessment of Noise - on Road Traffic Noise," Annual Report of National Institute of Environmental Research, Seoul, Korea.