

소음지도 작성을 위한 도로교통소음 예측식의 적합성 연구

김 화 일

부산가톨릭대학교 산업보건학과

(2007년 2월 8일 접수; 2007년 7월 10일 채택)

A Study on the Fitness of Road Traffic Noise Formulas for Noisemap

Hwa-Il Kim

Department of Industrial Health, Catholic University of Pusan, Busan 609-757, Korea

(Manuscript received 8 February, 2007; accepted 10 July, 2007)

Traffic noise is a kind of noise caused by cars, trains and aircraft. Among them, noise produced by cars is the most important factor in cities. According to the National Institute of Environmental Research(NIER)'s survey, Road traffic noise levels in Busan are the highest of all the cities in Korea. So, appropriate measures for road traffic noise reduction is required. For this purpose, the construction of a noise map in Busan will play a vital role. However, road traffic noise formulas are constructed considering regional characteristics such as each country road's environment and vehicle quality. Therefore, prior to constructing a noise map in Busan, examination processes about each formula constituent status and estimation process are required preferentially. In this research, the basic first stage is to estimate Busan's road traffic noise. First, investigate characteristics of each road traffic noise estimate and using this, a noise map is constructed for road traffic noise in Busan. Then the adaptation of a road traffic noise formula is evaluated.

Key Words : Road traffic noise formula, RLS-90, ASJ model, Noise map, Road traffic noise

1. 서 론

1.1. 연구의 배경 및 목적

일반적으로 자동차, 기차, 항공기 등의 주행 시 생기는 소음을 교통소음(Traffic noise)이라고 정의한다. 대도시는 자동차의 통행량이 기차나 항공기에 비해 절대적으로 많아 교통소음 중에서도 도로교통소음(Road traffic noise)의 영향을 크게 받는다. 국내의 1가구당 자동차 보유대수는 1가구당 0.86 대로 높은 수준이며, 자동차의 하루 운행 거리는 2002년 기준 61.2 km로 일본에 비해 35.5 km, 미국에 비해서도 6 km 더 장거리를 운행하고 있다¹⁾. 그에 따라 국립환경연구원이 시행한 2001년도 국내 도로교통소음에 의한 노출인구조사에 의하면 도로변지역 기준치인 65 dB 이상의 소음에 노출된 인구는 12.6 %, 밤 시간대에 기준치인 55 dB 이상의 소음에 노출된

인구는 52.7 %로 매우 높게 나타났다²⁾. 특히 부산은 조사대상 대도시 중에서도 도로교통소음도가 제일 높아 개선대책 마련이 시급한 것으로 나타났다. 도로교통소음은 도로를 주행하는 자동차에 의해 발생하는 소음으로 도로의 영향이 가장 크다. 따라서 도로교통소음을 개선하기 위해서는 도로 건설 계획 단계에서부터 추후 건설된 도로에 의해 발생할 도로교통소음이 주변에 미칠 영향을 파악하고 이를 정책결정에 반영할 수 있는 도구의 활용이 절실한 실정이다. 현재 유럽에서는 정책 결정과정에서 소음의 영향을 고려하려는 연구가 활발하며 이를 위해 도로교통소음지도(Road traffic noise map)가 활용되고 있다³⁾. 도로교통소음지도는 이론적으로 증명된 예측식이나 실험상의 결과로 얻은 경험식을 지리정보시스템(GIS)과 연동하여 각 지역별 도로교통소음의 수치와 분포를 계산하여 소음레벨을 공간적으로 표현하는 지도이다⁴⁾. 따라서 소음예측의 정밀성 및 다양한 영향인자의 반영가능 여부가 결과의 정확성에 중요한 영향을 미치게 된다. 국내에서도 최근 들어 정책

Corresponding Author : Hwa-Il Kim, Department of Industrial Health, Catholic University of Pusan, Busan 609-757, Korea
Phone: +82-51-510-0632
E-mail: hikim@cup.ac.kr

수립과정 및 평가단계에서 소음 등의 환경영향 인자 평가의 중요성이 부각됨에 따라 소음지도의 도입 및 활용방안에 대한 연구가 각계에서 이루어지고 있으며 일반적으로 FHWA, CRTN, RLS-90, ASJ와 같은 외국의 도로교통소음 예측식의 차용을 통해 도로교통소음의 영향 연구를 수행하고 있다^{5,6)}. 이는 국내에서는 도로교통소음 관련법규나 시행규칙 등에서는 평균소음값을 비교적 손쉽게 구할 수 있는 산술적 예측 적용을 기본으로 하고 있어⁶⁾ 다양한 교통소음 영향인자를 예측에 반영하기 어려운 현실에 기인한다. 그러나 도로교통소음 예측식은 각 나라별 도로환경 및 차량특성과 같은 지역적 특성을 고려하여 구축되므로 외국의 도로교통소음 예측식을 적용하기 위해서는 우선 각 예측식의 구성원리 및 평가 과정에 대한 검토가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 부산시 도로교통소음의 예측을 위한 기본 단계로서 다양한 도로교통소음 예측식의 특징 및 구성원리를 조사하였다. 이를 토대로 부산시 주요도로를 대상으로 소음지도를 구축하고, 예측식의 적합성을 검토하여 장래의 소음지도 구축에 있어 기본 자료를 제공하고자 한다.

2. 도로교통소음 예측식

2.1. 도로교통소음 예측식의 개요

도로상의 소음 측정에 관한 국내 연구사례를 살펴보면 도로에서 소음의 크기에 영향을 주는 인자로는 자동차의 종류, 교통량, 차량 속도, 운행시간, 도로의 포장상태 및 경사 그리고 타이어의 종류 등이 있으며 대형화물차가 소형화물차보다 주행소음이 더 큰 것으로 나타났다. 도로교통소음을 예측하는 기법은 이론 및 경험식에 기초한 산술적 예측법, 현장에 있어서의 실측 모형을 만들고 이를 활용한 예측법, 실험데이터와 계산식을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 예측법 및 축소 모형실험에 의한 예측법의 4가지로 분류할 수 있다⁷⁾. 이들은 일반적으로 예측 과정에서 각각 소음원과 소음전달모델로 나누어지며, 각 위치별 소음레벨은 일정한 측정거리를 가지는 교통변수에서 계산된다. 이 중 국내에서는 도로교통소음 관련법규나 시행규칙 등에서는 산술적 예측 적용을 기본으로 평가 소음레벨을 구하고 있다⁸⁾. 그러나 산술적 예측으로는 소음의 크기에 영향을 주는 다양한 인자들의 반영이 힘들어 외국의 도로교통소음 예측식을 차용한 연구가 주로 이루어지고 있다. 도로교통소음 예측식은 소음레벨이 거리 및 소음원과 수음원의 각도에 따라 감소한다고 가정할 경우(Fig. 1)와 점음원으로 처리하는 방법(Fig. 2)의 두 가지가 있다⁹⁾.

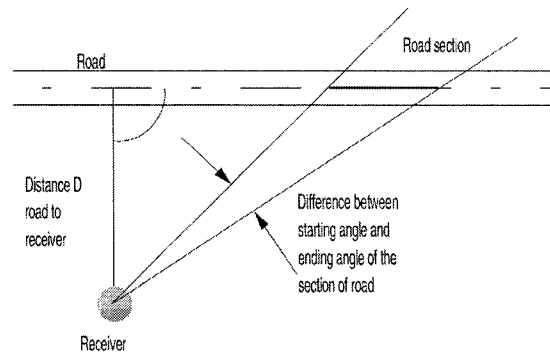


Fig. 1. Angular method.

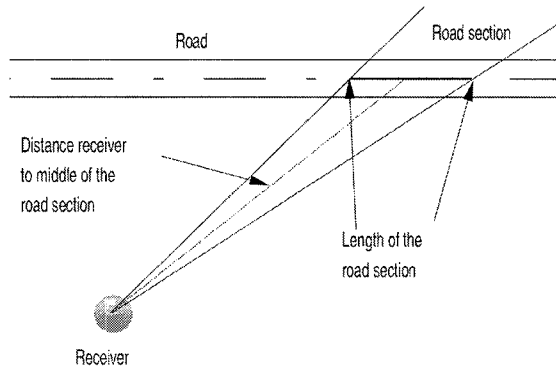


Fig. 2. Point method.

도로의 소음이 거리 및 소음원과 수음원의 각도에 따라 감소한다면, Fig. 1과 같이 수음점에서의 소음레벨은 $10 \times \log(\text{요소각도}/180)$ 을 전체 도로에 대해 측정된 길이에 감소시켜 계산할 수 있다. 도로의 구획을 점음원으로 취급할 경우에 Fig. 2와 같이 방사되는 모든 에너지는 한 점으로 집중된다고 가정하고, 이 점으로부터 수음점에 전달된다. Angular method는 계산의 간편성으로 인해 수작업에 적합하나, 만일 수음점이 소음원과 평행선상에 위치할 경우 시작점과 끝점에서의 각도가 0이 됨으로 계산이 불가능하다. 또한 수음점이 도로 구획과 같은 높이에 위치할 경우 직선거리는 x, y 좌표만을 필요로 하나, 도로가 평평하지 않을 경우 계산 오류를 야기하게 된다. 따라서 일반적으로 도로교통소음 예측식의 개발은 점음원을 통해 이루어지고 있다⁹⁾. 따라서 본 연구에서도 조사대상을 점음원을 사용하는 기법에 한정하였다.

2.2. 외국의 도로교통소음 예측식

도로교통소음의 예측에 활용할 수 있는 기존 연구 결과로서는 외국의 경우 미국 연방고속도로국의 FHWA, 일본음향학회의 ASJ, 영국 수송국의 CRTN,

Table 1. Characteristics of Road Traffic Noise prediction formulas¹⁰⁾

	FHWA STAMINA	CRTN	RLS-90	STL-86	ASJ	01db MITHRA
Government users	USA, Canada, Japan, Mexico	UK, Australia, Hong Kong, New Zealand	Germany	Switzerland	Japan	France, Belgium
Applications	Highway(Leq) not architectural. Grid. Road networks	Highways (quasi L10).Point. Single traffic streams only.	Highways and car parks (Leq) not architectural. Point. Good propagation. Simple streams only.	Highways and Trams, light rail(Leq), not architectural. Point. Simple streams only.	Highway barriers.	Highways and railways(Leq), not architectural. Grid, Good propagation. Simple streams
Predicts traffic volumes	No	No	Yes	Yes	No	Yes
Traffic conditions	Constant speed, grades	Constant speed, grades.	Constant speed, grades, quasi-intersections, interruptions	Constant speed, grades.	Constant speed.	Constant speed, grades
Input data	Traffic speed, flow, road and environs data. Local characteristics	Heavy/light ratio, flow, speed, road and environs data.	Traffic type, flow, park or road data, and environs.	Traffic type, flow, road and environs data.	Traffic type, flow, speed, barrier geometry	Traffic type, flow, road and environs data.
Type	Hybrid, consistent/inconsistent	hybrid, inconsistent.	Hybrid, consistent.	Hybrid, inconsistent.	Mathematical.	Hybrid, consistent.
Noise descriptor	Leq/quasiL10	quasi-L10(18h)	Leq	Leq	Leq,quasi-L50	Leq(8-20h)
Type of mapping	Point → grid	Line → point	Line → point	Line → point	Multiple points → point	Line → grid
Source	Simple streams	Simple streams	Simple streams	Simple streams	Simple straight stream	Simple streams
Propagation	Energy type	Energy type	Energy type	Energy type	Mathematical (velocity potential)	Ray tracing
Vehicle types	Automobile/medium trucks/heavy trucks	Light vehicles/heavy vehicles	Light vehicles/heavy vehicles/car parks.	Light vehicles / heavy vehicles / trams and suburban trains on roadways.	Light vehicles / medium vehicles / heavy vehicles	Light vehicles, heavy vehicles, and trains.
Validation	Contingent; 0.58 to -1.3 dBA@15m to 60m.	+1.4@50 to 54.9 dBA (Delany): -1.2@80 to 84.9 dBA. +1.7@facades (Saunders).	Not readily available.	Not readily available.	Not readily available.	Not readily available.
Weighting: Source/receiver	dB(A)/dB(A)	dB(A)/dB(A)	dB(A)/dB(A)	dB(A)/dB(A)	dB(A)/dB(A)	octave/dB(A)
Major faults	No. LN, no interruptions.	No Leq, L10 not rigorous, no interruptions, single traffic streams only, no local characteristics	No LN simple interruptions only, no local characteristics	No LN simple interruptions only, no local characteristics	No LN restricted to quasi L50, no interruptions, long roadside barriers only.	No LN, no interruptions, no local characteristics
Authors opinion	Obsolescent.	Obsolete.	Use for car parks and unknown traffic flows.	Use for trams and light rail and unknown traffic flows.	Use for free-flowing traffic with long roadside barriers	Use for complex buildings and unknown traffic flows.

독일의 RLS-90 등이 있다¹⁰⁾. 본 연구에서는 우선 각 식들의 특성을 살펴보고 이를 부산의 도로교통소음 예측에 활용하여 그 결과를 비교 평가해 보고자 하였다. 이 중 FHWA와CRTN은 그 개발 목적상 대도시 내 도로의 교통소음 예측에는 적당하지 않다고 판단되어 이론식의 평가는 제외하고, RLS-90과 ASJ 두 식의 이론적인 유도과정을 평가하였다. 우선 RLS-90은 점음원 예측방법을 사용하며 음의 확산, 지표감쇠, 차음, 반사등을 고려하며 음원모델과 전달모델의 두 부분으로 나눌 수 있다. 음원모델은 아래와 같다⁹⁾.

$$L_{mE} = L_m(25, \text{basic}) + C_{Sp} + C_{Rs+Cg} + C_{Ref}$$

여기서, $L_m(25, \text{basic})$ 는 소형차 100 km/h, 대형차 80 km/h의 속력으로 직선의 아스팔트 도로를 달릴 때의 소음레벨이며 다음과 같이 구한다.

$$L_m(25, \text{basic}) = 37.3 + 10 \log(M \times (1 + 0.082 \times P))$$

위 식에서 M은 시간평균교통량(veh/h)이나 일일 평균교통량 (ADT)를 말하고 P는 28 ton이 넘는 차량의 비율을 말한다. 전달 모델은 아래와 같다.

$$L_m = L_{mE} + CSI + CS + CGa + CSc$$

여기서, L_{mE} 는 음원의 방사레벨, CSI는 도로구간의 길이, CS는 음의 확산, CGa는 지표흡음과 기상의 영향, CSc는 장애물에 의한 영향에 의한 보정치로 다양한 도로 조건의 평가가 가능하다.

ASJ 모델의 경우는 주로 방음벽의 성능을 예측 평가하기 위해 도로교통소음을 산정하고 있다. 그에 따라 도로교통소음의 기준 위치는 도로 분할요소의 중심선상에 무지향성 점음원이 반사면(도로면)의 높이 0 m에 위치하고, 반 자유공간에 음을 방사하고 있는 것으로 간주하고, 도로로부터 수평거리 200 m, 높이 12 m를 그 예측 범위로 한다. 대상도로는 방음벽의 종류 등을 고려하여 도로 일반부, 도로 특별부(인터체인지력, 굴할 · 반지하, 터널 · 갱구 주변부, 고가 · 복층 고가부)로 하고 있으며 차량의 주행속도는 자동차 전용도로와 일반도로의 정상 주행부에 있어서는 40~140 km/h, 일반도로의 비정상 주행부에 있어서는 10~60 km/h, 인터체인지부 등의 가감속 · 정지부에 있어서는 0~80 km/h를 그 범위로 하고 다음과 같이 차종별 A특성 음향출력을 산정한다.

$$(L_{WAT})_i = L_{WA} + 10 \log_{10} \left(\frac{3.6 \Delta l}{V} \cdot \frac{N}{3600} \right) dB$$

여기서, L_{WA} 는 차량 1대당 음향출력레벨(dB),

Δl 은 도로의 길이(m), V 는 평균 주행 속도(km/h), N 은 시간당 차량 통과 대수를 나타낸다. 최종적으로 모든 차종에 의한 도로 교통소음의 음향출력 L_{WAeq} 은 다음과 같다.

$$L_{WAeq} = 10 \log_{10} \sum_t 10^{(L_{WAT})_i / 10} dB$$

두 모델의 특성을 살펴본 바와 같이 실제 사용에 있어서 일본음향학회의 ASJ, 독일의 RLS-90 등은 그 이론의 기본과 개발 목적에 따라 차이를 보이고 있다. 따라서 본 연구에서는 RLS-90 및 ASJ식에 의한 부산시 주요도로에 대한 도로교통소음 해석과 실측치의 비교를 수행하였다. 다음 그림들은 대상지역의 도로의 영향에 의한 주변부 소음레벨을 평가한 그림이다. 기본적으로 도로교통소음의 정확한 예측을 위해서는 모델링 지역 전체에 대한 소음 예측 시뮬레이션 과정이 필요하다. 그러나 소음지도를 이용한 평가방법은 모델링 작업이 필요하며 영향 평가의 규모에 따라 그 해석시간의 비용이 증가한다. 본 절에서는 소음예측식에 따른 도로소음의 예측과 실측치의 비교가 주목적이므로 도로상의 한 점을 대상으로 각각의 시간대별로 해석하였다. 지역은 부산광역시 동래지역을 대상으로 수행하였고, 예측을 위한 교통량 실측치 및 평균 속도에 대한 자료는 부산광역시 교통광장(<http://traffic.busan.go.kr/kor/>)을 참조하였다. 또한 통행량 및 속도 이외의 해석 조건은 전 시간대에 걸쳐 일정하다고 가정하였다. 아래 Fig. 3~7은 각각 RLS-90과 ASJ에 따른 도로교통소음을 나타낸다.

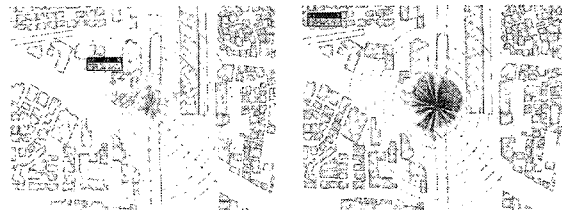


Fig. 3. Anaysis of RLS-90 and ASJ Model : Day 1.



Fig. 4. Anaysis of RLS-90 and ASJ Model : Day 2.



Fig. 5. Anaysis of RLS-90 and ASJ Model : Day 3.



Fig. 6. Anaysis of RLS-90 and ASJ Model : Night 1.

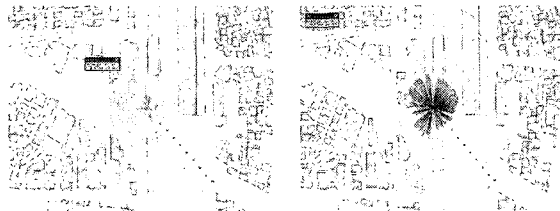


Fig. 7. Anaysis of RLS-90 and ASJ Model : Night 2.

그림에서 노란선은 직접음을, 빨간선은 반사음을 나타내며, 선의 길이는 도달하는 소음레벨을 나타낸다. Table 2에 그 예측 결과를 정리하였으며, 같은 위치에서의 실측치와 비교하였다.

Table 2. Comparison of values between survey and prediction

Time of survey	Measured noise	Errors of RLS-90		Errors of ASJ Model for survey	
		RLS-90	RLS-90 for survey	ASJ	ASJ Model for survey
Day 1	72.6	71.8	+ 0.8	70.1	+ 2.5
Day 2	74.8	71.4	+ 3.4	69.7	+ 5.1
Day 3	74.4	72.2	+ 2.2	71.2	+ 3.2
Night 1	73.8	70.2	+ 3.6	69.3	+ 4.5
Night 2	71.4	68.0	+ 3.4	68.0	+ 3.4

상기의 결과에서는 RLS-90의 결과치가 ASJ 보다 실측 소음치에 가까운 소음레벨을 보인다. 따라서 본 연구에서는 RLS-90 예측식을 사용하여 부산광역시 주요도로 주변지역의 도로교통소음을 예측하여 소음지도를 작성하였다.

3. 도로교통소음 예측식을 통한 소음 예측

3.1. 도로교통소음 예측을 위한 데이터의 수집

본 연구에서는 도로변의 소음을 실측하여 소음지도상의 예측치와 비교를 실시하였다. 본 연구의 소음 측정지역은 도로변 지역이므로 범위는 도로단으로부터 차선 수×10 m로 하고, 고속도로 또는 자동차 전용도로의 경우에는 도로단으로부터 150 m이내의 지역내에서 측정을 실시하고, 지면 위 1.2~1.5 m 위치로 하며, 건축물이 보도가 없는 도로에 접해 있는 경우에는 도로단에서 측정하였다. 소음측정은 낮시간대(06~22시)에는 2시간이상 간격으로 4회, 밤시간대

Table 3. Result of survey on traffic noise and volume

		Day 1	Day 2	Day 3	Night 1	Night 2
Dongnae	Leq	72.6	74.8	74.4	73.8	71.4
	Lp	85.2	81.3	80.5	82.2	80.3
	Volume	1,668	1,524	1,848	1,176	696
Yeonsan	Leq	73.5	75.8	73.5	71.1	70.5
	Lp	83.2	83.4	81.3	80.3	81.6
	Volume	1,740	1,272	1,716	1,260	996
Seomyeon	Leq	77.7	75.2	75.6	75.6	75.4
	Lp	88.0	86.9	86.3	85.0	90.8
	Volume	2,064	1,752	1,977	1,656	1,344
Busan Station	Leq	73.2	79.2	77.8	77.4	75.0
	Lp	88.5	91.9	87.9	82.0	84.1
	Volume	2,784	3,204	3,228	4,944	1,572
Haeundae	Leq	73.9	78.9	75.1	73.9	72.5
	Lp	84.6	81.2	84.5	85.2	83.3
	Volume	1,284	1,728	1,584	1,188	900

(22~06시)는 2회 실시하였다. 이때, 마이크로폰은 방풍망을 부착하고 측정위치에 받침장치를 설치하여 측정하였다. 측정에 사용된 소음계는 KSC-1502에 정한 보통소음계 또는 동등 이상의 성능을 가진 것을 적용하였다¹¹⁾.

조사 결과를 정리하면 Table 3과 같다. 차량 평균 속도에 대한 자료는 부산광역시 교통광장¹²⁾을 참조하여 Table 4와 같이 구했다.

3.2. 도로교통소음 예측식에 의한 소음 예측

본 연구에서는 RLS-90 도로교통소음 예측식을

사용하여 각 지역별 소음레벨을 주요도로를 중심으로 소음예측 시뮬레이션을 실시하였다. 본 연구를 위해 소음을 실측한 도로는 자동측정망이 구축된 지역을 선정하여 자동측정망상의 교통량과 속도정보를 연구에 활용하였다. 이를 위해 동래, 연산동, 서면, 해운대, 부산역 등 부산시내 5개 지역을 연구대상으로 선정하였다. 이 지역들은 부산의 대표적인 도심지로 도로교통소음의 피해가 예상되는 지역이다.

각각의 결과는 Table 5와 같다. 이 때 낮 시간대의 최대 오차는 부산역 부근에서 4.5 dB(A)로 나타

Table 4. Average traffic velocities

Area direction	Dongnae		Yeonsan		Seomyeon		Busan Station		Haeundae	
	Upward	Downward	Upward	Downward	Upward	Downward	Upward	Downward	Upward	Downward
0 o'clock	26.4	36.2	34.0	37.8	24.5	30.3	20.2	25.6	23.9	26.3
1 o'clock	43.3	43.7	19.3	33.8	27.0	28.7	27.9	24.4	27.5	27.7
2 o'clock	29.5	40.9	25.8	34.3	29.3	28.0	29.0	27.5	29.0	41.6
3 o'clock	45.4	37.8	48.4	37.9	26.4	33.8	21.4	26.9	30.6	37.7
4 o'clock	49.0	49.4	27.6	30.7	32.0	21.9	20.6	23.8	19.6	45.3
5 o'clock	19.6	41.2	44.9	39.3	26.2	33.8	27.5	22.5	36.8	37.5
6 o'clock	24.5	30.5	43.4	36.3	21.0	21.3	22.7	24.0	36.9	27.5
7 o'clock	16.8	36.8	21.4	27.8	13.8	23.3	18.5	24.3	29.6	30.8
8 o'clock	21.8	28.7	36.7	23.7	11.1	6.7	12.6	20.8	30.1	23.0
9 o'clock	27.6	25.2	27.4	25.9	12.8	16.8	13.6	19.1	22.9	22.5
10 o'clock	26.6	22.9	35.4	18.3	15.5	21.8	17.6	15.7	23.5	24.4
11 o'clock	22.3	29.7	28.9	21.2	10.7	14.0	16.0	18.1	19.2	25.4
12 o'clock	28.4	27.4	31.7	20.3	11.9	20.2	16.6	20.8	17.7	22.3
13 o'clock	22.2	28.0	13.7	21.0	11.1	19.6	15.3	13.7	21.8	17.9
14 o'clock	7.7	21.2	18.6	20.4	7.2	26.5	15.1	20.8	19.1	22.2
15 o'clock	7.2	18.3	24.2	15.6	8.2	15.8	16.4	18.7	18.9	21.3
16 o'clock	9.6	22.2	17.2	19.9	10.2	15.4	16.7	22.6	16.8	20.3
17 o'clock	10.3	23.6	20.6	17.3	14.6	10.7	18.6	11.8	17.4	18.6
18 o'clock	11.2	14.6	24.1	14.9	10.2	5.5	14.7	9.8	16.3	19.3
19 o'clock	15.6	23.7	31.6	5.8	9.9	8.2	14.9	11.2	19.1	18.5
20 o'clock	20.4	19.3	25	7.9	17.6	14.8	19.1	20.7	22.6	23.5
21 o'clock	29.8	30.3	15.4	22	14.6	22.2	19.2	17.6	14.8	22.7
22 o'clock	26.2	28.8	32.6	23.7	20.6	23.3	25.7	15.1	22.4	22.6
23 o'clock	20.8	28.8	33.2	26.1	25.8	27.1	22.6	35.8	27.8	27.0

Table 5. Noise comparison between survey and RLS-90

Survey area	Day 1			Day 2			Day 3			Night 1			Night 2		
	RLS-90	Survey noise	Differ -ence	RLS-90	Survey noise	Differ -ence	RLS-90	Survey noise	Differ -ence	RLS-90	Survey noise	Differ -ence	RLS-90	Survey noise	Differ -ence
Dongnae	72.4	72.6	0.2	72.7	74.8	2.1	73.8	74.4	0.6	72.0	73.8	1.8	68.6	71.4	2.8
Yeonsan	72.1	73.5	1.4	71.6	75.8	4.2	71.6	73.5	1.9	68.5	71.1	2.6	68.3	70.5	2.2
Seomyeon	74.5	77.7	3.2	73.5	75.2	1.7	73.3	75.6	2.3	71.5	75.6	4.1	70.6	75.4	4.8
Busan Station	72.0	73.2	1.2	74.7	79.2	4.5	74.4	77.8	3.4	73.7	77.4	3.7	71.6	75.0	3.4
Haeundae	73.1	73.9	0.8	75.4	78.9	3.5	73.2	75.1	1.9	70.8	73.9	3.1	69.4	72.5	3.1

났다. 이는 부산역 지역의 경우 도로교통소음 이외에도 철도소음 등이 산재하고 있으며, 주요 도로 주변으로 간선도로 등이 혼재하는 등의 상황에서 기인하는 것으로 판단된다. 다른 지역의 경우에도 측정지점의 소음에 영향을 미치는 도로의 수가 많아지면 예측치에서 지역내 전체도로를 반영하지 못한 이유로 인해 약 3.0 dB(A) 범위에서 오차가 발생하였다.

3.3. 도로교통소음 예측식에 의한 소음예측

본 연구에서는 RLS-90 도로교통소음예측식을 사용하여 각 지역별 소음레벨을 지역내 주요도로를 중심으로 도로교통소음 예측 시뮬레이션을 실시하였다. 그 결과는 다음과 같다.

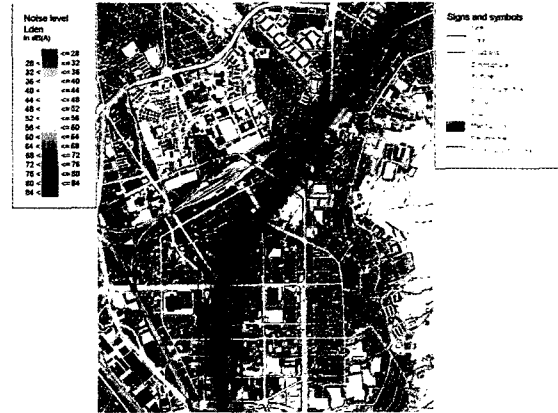


Fig. 10. Noise prediction contour in Seomyeon.

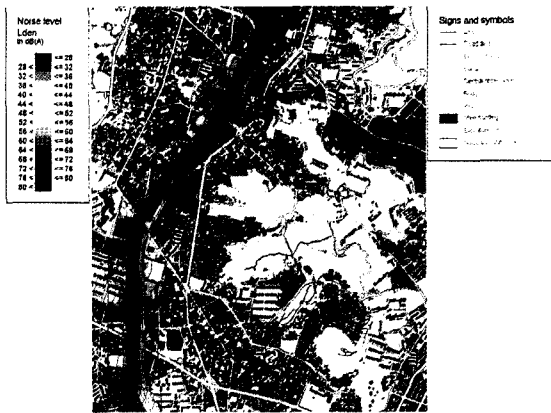


Fig. 8. Noise prediction contour in Dongnae.

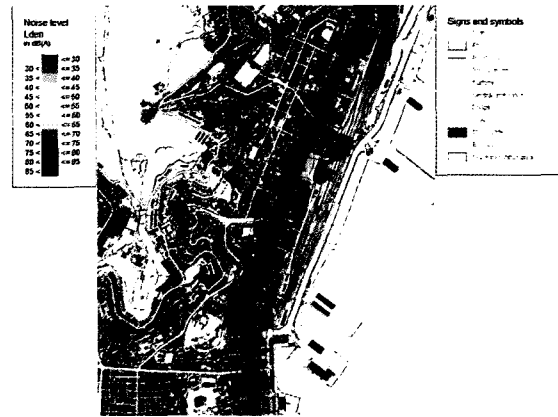


Fig. 11. Noise prediction contour in Busan Station.

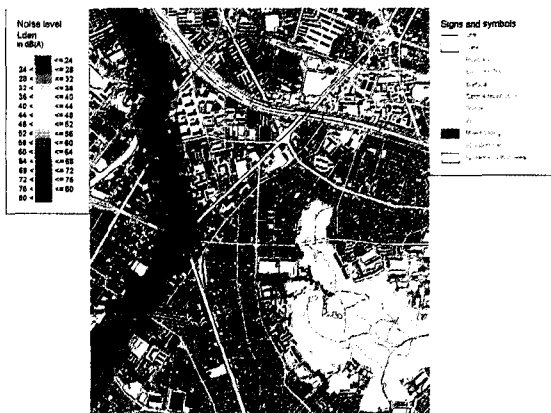


Fig. 9. Noise prediction contour in Yeonsan.

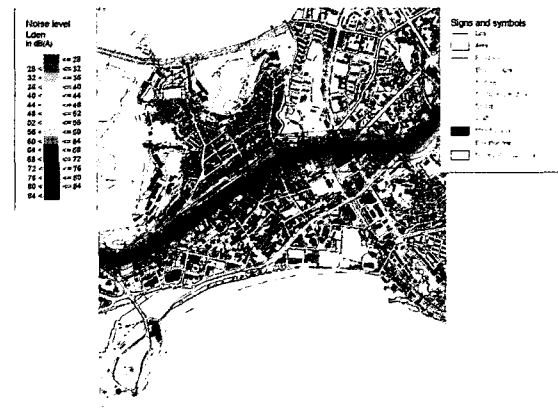


Fig. 12. Noise prediction contour in Haeundae.

Fig. 8~12는 본 연구에서 RLS-90에 의한 각 주요도로 주변의 도로교통소음 예측 결과를 시각적으로 작성한 도로교통소음지도이다. 그림에서 소음은

일반적으로 도로 중심에서의 거리에 비례하여 감소한다. 이와 같은 경향은 주로 평지로 이루어진 동래, 연산동, 서면지역에서는 대체적으로 일치하고 있다.

그러나 주요도로 주변 일부에 구릉과 같이 대지구배 변화를 보이는 부산역 및 해운대 지역에서는 거리감쇠 이외에도 구배 변화에 의한 영향도 존재함을 보여주었다.

4. 결 론

본 연구는 부산시 소음지도 작성을 위한 기반 단계로서 가장 중요하다고 생각되는 도로교통소음 예측식의 검증에 대해 부산시내 자동측정망이 지원되는 주요지역을 중심으로 다음과 같은 순서로 진행되었다. RLS-90, ASJ 도로교통소음 예측식을 활용한 예측치를 실측치와 비교한 결과 주간 1, 주간 2, 주간 3, 야간 1, 야간 2의 각각의 시간대에 RLS-90은 실측치와 + 0.8, + 3.4, + 2.2, + 3.6, + 3.4 dB(A)의 오차를 보였으며 ASJ는 + 2.5, + 5.1, + 3.2, + 4.5, + 3.4 dB(A)의 오차를 보여 둘 다 도로의 직선 구간에서는 상당한 정확성을 보이고 있으나, 그 중에서도 RLS-90식이 도로의 다양한 상태 반영을 통한 예측에 더 적합하였다고 판단된다. 한편 예측의 경우 실측치 보다 상대적으로 낮은 결과를 보이는데, 이는 해석시에 적용된 통행량과 실측치의 통행량 및 주요도로이외의 간선도로의 영향과 암소음의 존재유무가 실측에 영향을 준 것으로 판단된다. 따라서 추후 소음지도 작성 시에 도로교통소음 예측식을 통한 소음예측을 수행하기 위해서는 각 지역별 주요도로 이외에도 간선도로에 대한 영향도 고려한 전반적인 조사가 수행되어야 할 것이다. 현재 도로교통 자동 측정망은 부산시내 주요 도로에만 설치되어 있으나 실제 주거환경에는 주요도로 및 각 지역에 접근하는 간선도로의 영향 또한 무시하기 어렵다. 그러나 주요도로만을 소음원으로 활용한 예측치와 실측치 간의 오차는 전반적으로 2~3 dB(A)이내로 나타나 주요도로 부근에서는 간선도로의 영향이 크지 않은 것으로 판단된다.

본 연구는 추후 부산시 도로교통소음지도 제작을 위한 기반연구중 하나로 기존의 도로교통소음 예측식의 평가를 위해 수행되었다. 따라서 연구의 간략화 및 명확화를 위해 도로교통소음 예측식은 RLS-90에 한정하여 소음지도를 구축하였다. 향후 소음지도 작성을 위한 예측식의 선정을 위해서 각 지역별로 광범위한 실측 및 지역별 특성을 고려한 도로교통소음 예측식의 구축에 대한 연구가 지속적으로

이루어져야 한다.

감사의 글

본 연구는 부산지역 환경기술개발센터에서 지원한 환경기술연구개발사업의 연구지원에 의해 수행된 연구의 일부이며 이에 감사드립니다.(05-2-70-78)

참 고 문 헌

- 1) 한국환경정책·평가연구원, 2004, 21세기 OECD 환경전략 이행사항 평가 연구, 환경부.
- 2) 국립환경연구원 대기연구부 소음진동과, 2001, 도로교통 소음 노출인구, 국립환경연구원.
- 3) 오진우, 장서일, 이기정, 2004, 국내의 소음지도 제작과 활용에 관한 연구, 서울시립대학교 산업기술연구소논문집, 12, 17-135.
- 4) 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 Position Paper Final Draft, WG-AEN.
- 5) 여운호, 1996, 대도시 도로교통소음 예측 연구, 한국소음진동공학회지, 6(2), 251-258.
- 6) 조기호, 1993, 도시계획을 위한 예상소음의 공간적 규정과 지도화과정의 전산화, 국토계획, 28(4), 249-261.
- 7) Mitsuyasu Yamashita, 1992, 도로교통 소음의 예측과 대책, 소음계측 및 제어기술, 5-20.
- 8) Janczur R., Walerian E., Czechowicz M., 2001, Sound levels forecasting for city-centers Part IV. Vehicles stream parameters influence on sound level distribution within a canyon street, Applied Acoustics, 62, 645-664.
- 9) SoundPLAN LLC, 2004, Sound Plan USER MANUAL, SoundPLAN™.
- 10) Campbell Steele, 2001, A critical review of some traffic noise prediction models, Applied Acoustics, 62, 271-287.
- 11) 환경부, 2003, 소음·진동 공정시험방법, 환경부 고시 제2003-221호.
- 12) 부산광역시 교통광장 (<http://traffic.busan.go.kr/kor/>).