

부산지역 주요도로의 교통소음도 현황과 특성에 관한 연구

송복주[†] · 권동민
산업환경과

The Study on Traffic Noise of Arterial Roads in Busan City

Song Bok-joo[†] and Kwon Dong-min
Industrial Environment division

Abstracts

Road traffic noise causes considerable disturbance and annoyance in exposed inhabitants. Particularly, arterial road noise is a significant environmental problem in many urban areas in which higher traffic volume and higher car speed occur. Arterial and intersection road noise became the target of this investigation in pusan. Most of measured point was exceeded traffic noise standards and equivalent continuous sound levels(Leq, 1 h) were investigated 66.3 - 78.5 dB(A). Generally, noise showed wide distribution at nighttime due to a traffic discontinuity. In relation to the comparison between traffic volume and noise level, traffic volume of truck is higher than other variables. Dominant frequency of the noise was appeared 1 kHz band by the small car and under 63 Hz band by the truck. 44 % of calculated TNI(traffic noise index)s were over acceptable TNI criteria of 74.

Key words : Leq, noise distribution, traffic volume, frequency, traffic noise index

서 론

우리나라는 최근 반세기 동안 급격한 산업화로 세계적으로 도시화가 가장 많이 진전된 국가에 속한다. 도시화에 따른 급속한 도시인구의 집중은 교통 인프라에 대한 수요를 지속적으로 증대시켜 왔으며, 이를 충족시키기 위한 교통 인프라의 확충은 계속 될 전망이다. 이러한 산업화 도시화에 따라 생활수준이 높아지고 의식수준이 향상되면서 생활소음에 대한 자각이 늘어나고 경제적 정신적 피해에 대한 보상을 요구하는 분쟁도 증가하고 있는 현실이다.

도로교통소음은 도시화에 따른 대표적인 공해로서 도심에서의 극심한 교통체증에 따른 엔진소음과 자동차 경적음, 자동차 전용도로에서 발생하는 주행소음 등 주변에 거주하고 있는 주민들에게 불쾌감이나 짜증스러움 같은 정신적인 피해는 물론 금전적인 손해에 이르기까지 다양한 피해를 주고 주요 논란의 핵심으로 부각되고 있으며, 교통소음의 원인을 밝히고 그에 합당한 대책을 수립하는 일이 사회적인 관심사로 떠오르고 있다.

이러한 교통소음에 대한 근원적인 해결방법은 최초 계획도시의 설계 과정에 과학적인 방법으로 도

[†] Corresponding author. E-mail : bjsong2@korea.kr
Tel : +82-51-309-2953, Fax : 82-51-309-2739

로와 주거지역간의 소음예측을 통해 이격거리 결정 등 방음대책이 수립되어야 하나, 일반적인 현실은 기존 도시가 팽창 또는 개발수요에 맞춰 이동수요가 발생하고 수요에 따라 도로가 신설 또는 확장되다 보니 적절한 방음 대책수립에는 한계가 있으며 이러한 문제에 대하여 주행속도에 대한 제한이나 방음벽 설치와 같은 대책을 마련하고 있으나 그 대책에는 한계가 있는 것이 사실이다.

따라서 본 연구에서는 부산지역의 대표적인 주요 간선도로인 자동차 전용도로, 일반 간선도로와 주요 교차로에서 발생하는 소음을 측정하여 발생소음의 크기를 파악하고, 소음유발인자와의 상관도 분석, 주파수 특성, 교통소음지수 등을 고찰하여 도로 교통소음 방지대책 수립의 대안을 제시하고 정온한 생활환경 조성의 기초 자료를 제공하고자 한다.

연구방법

측정 방법

도로변에서 발생하는 도로교통소음의 대부분은 자동차 엔진에서 기인하는 엔진 소음과 차량의 주행에 따라 발생하는 소음으로 구분할 수 있다. 엔진과 관련된 소음은 엔진소음, 흡기 및 배기소음, 냉각팬 소음 등이 있으며 차량주행과 관련된 소음은 타이어 마찰음과 공력소음 등이 있다. 이러한 소음의 합은 도로소음의 여러 가지 형태로 나타나는데 자동차 교통량, 대형 차량수와 도로의 노면상태, 구배, 속력 등 주행조건에 따라서 변동한다고 볼 수 있다¹⁾.

도로교통소음의 저감대책은 발생원인 교통수단에 의한 대책과, 발생된 소음의 경로를 차단하는 대책으로 구분될 수 있으며, 소음저감 대책을 효과적으로 수립하기 위해서는 도로 교통소음에 대한 정확한 측정과 올바른 평가가 필수적이다²⁾.

본 연구에서는 2013년 11월 중 교통량의 변화가 적은 월 - 금요일을 지정하여 측정하였으며, 지점별 도로교통소음의 특성을 파악하기 위하여 주행 속도 등 주행여건의 변화가 예상되는 주야간 시간대를 구분하고, 주간(06:00 - 22:00) 시간대에는 교통량이 많은 첨두시간대인 18시 및 교통량이 적은 시간대인 12시 전후로 측정을 실시하였고, 야간(22:00 - 06:00) 시간대에는 교통량이 많은 22시간대를 정하여 각 1시간 동안 연속 측정하였다.

측정 지점

부산지역의 주요 간선도로의 차량 통행 특성에 따른 소음도를 파악하고자 자동차 전용도로 4개소, 일반 간선도로 2개소를 선정하였고, 지정체가 주기적으로 반복되는 도심지 교통 흐름에 따른 소음도 변화를 고찰하고자 주요 교차로 3개소를 측정지점으로 선정하였다.

소음 측정 시에는 인접 차량에 의한 도로소음의 특성을 반영할 수 있도록 차량통행에 지장을 초래하지 않는 범위 내에서 가급적 도로단을 수음점으로 선정하였고, 요일별로 소음변동이 적은 평일(월요일부터 금요일사이)에 당해지역의 도로 교통소음을 측정하였고 측정지점은 Table 1에 나타내었다.

사용 장비


소음측정을 위한 사용장비는 장시간 소음 모니터링이 가능한 정밀소음측정기(Sound Level Meter : Symphonie, 01dB)를 사용하였으며 주요 사양과 구성은 Table 2와 같다.

또한 소음을 측정할 때 바람으로 인한 영향을 방지하기 위해 방풍망을 소음측정기의 마이크로폰에 부착하여 사용하였으며, 지면 1.2 m 높이에서 안정되게 측정하기 위해 삼각대를 사용하였으며, 소음도 측정은 Fig. 1과 같이 설치하여 측정하였다.

Table 1. Sampling points of this study

구분	지점	가로명	차선수	지면특성
자동차 전용도로	구대연요금소	번영로	4	교량
	구개금요금소	동서고가도로	4	교량
	삼락동	강변대로	6	지면
	우암고가교	번영로	4	교량
일반 간선도로	온천동	중앙대로	8	지면
	초량동	중앙대로	4	지면
교차로	서면교차로	중앙대로, 가야대로	10	지면
	연산교차로	중앙대로, 월드컵대로	10	지면
	미포오거리	좌동순환로	6	지면(구배)

Table 2. Sound Level Meter Specification

Specification		Composition
Functions	Leq, Peak, Slow, Fast, Impulse, Audio record	
Measurement range	20 dB - 135 dB	
Frequency range	20 Hz - 20000 Hz	
Time Integration	20 ms - 1 s	

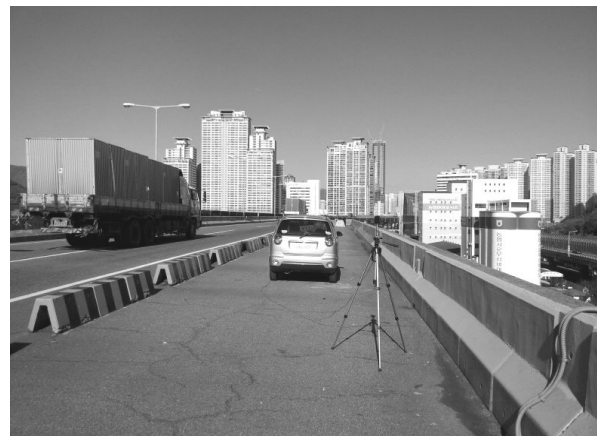


Fig. 1. Scene of measuring road traffic noise.

도로교통소음의 관리기준

소음진동관리법의 교통소음의 관리기준은 Table 3과 같다.

결과 및 고찰

교통량과 소음도 상관 특성

도로변에서의 소음은 교통량 및 차속과 밀접한 관련이 있으며 차량의 통행 특성에 따라 소음도의 크기가 결정된다. 본 연구에서는 도로의 차량 통행

량이 일정하다는 가정 하에 2012년도 부산시 차량 교통량 조사결과를 참고로 하여 교통량과 소음도와 의 상관성을 파악하고자 하였다.

Fig. 2는 각 지점별 총 교통량 및 화물차통행량, 승용교통량, 등가교통량과 평균소음도의 관계를 보여주는 그림으로서, 차량 통행 특성이 유사할 것으로 판단되는 자동차 전용도로, 일반 간선도로, 교차로를 구분하여 살펴볼 필요가 있다.

자동차 전용도로에서의 총 통행량과 평균소음도 크기는 개금 > 대연 > 삼락 > 우암의 순으로 동일

Table 3. Standards of noise level in road³⁾

대상지역	구분	교통소음관리기준	
		주간(06:00 - 22:00)	야간(22:00 - 06:00)
주거지역, 녹지지역	소음[Leq dB(A)]	68	58
상업지역, 공업지역	소음[Leq dB(A)]	73	63

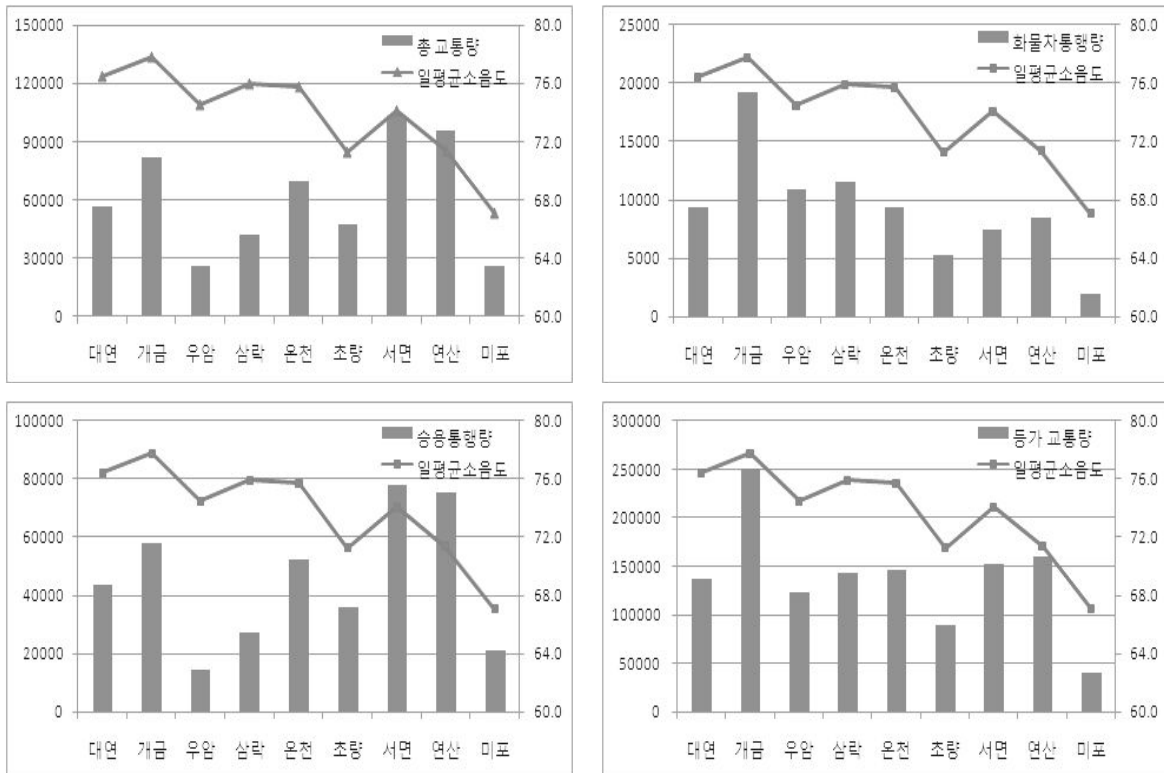


Fig. 2. Average Leq and Traffic volume.

하게 나타났다. 일반 간선도로와 교차로 지점에서도 총 교통량과 소음도의 크기가 동일한 패턴을 나타내고 있어 유사한 통행 특성을 지닌 지점별로는 총 교통량의 증감이 소음도의 증감과 밀접하게 관련이 있는 것을 확인할 수 있었다. 도로 특성이 유사한 지점에서의 총 교통량과 소음도의 증감은 밀접한 연관성을 가지고 있음을 알 수 있었지만, 도로 특성이 다른 지점 즉 자동차 전용도로와 일반 간선도로, 교차로를 비교하면 다소 상관성이 떨어져 보인다.

특히 우암 지점을 예로 들면, 총 교통량은 초량 지점의 절반 정도로 소음도가 낮을 것으로 예상되거나 오히려 소음도는 높게 나타나고 있는데 우암지점의 차량 통행 특성상 화물차량 비율이 약 42%에 달해 이들에 의한 고소음 영향이 전체 소음도에 반영되어 나타난 결과로서 총 통행량으로는 표현하는데 한계가 있음을 알 수 있다.

화물차교통량과 평균 소음도와의 관계를 살펴보면, 앞서 언급된 우암지점의 왜곡된 결과는 다소 개선모습을 보이고 있으나, 여전히 일부지점에서 즉 대연지점과 서면지점의 화물차 통행량이 우암, 삼락 및 연산에 비해 적은 데에 반하여 평균 소음도는 높게 나타나고 있다.

이와 같이 분명 소음도의 변화는 교통량에 영향을 받고 있으나, 일부 지점에서의 상관은 다른 경향을 보이고 있어 교통 요인별 상관도를 규명하고자 총 통행량, 화물차통행량, 승용통행량, 등가교통량(소형차+10×대형차)과 평균소음도와의 상관 분석을 시도하였고 그 결과는 Table 4에 나타내었다.

교통량과의 상관성은 통행특성이 뚜렷이 구별되는 자동차 전용도로와 일반간선도로 및 교차로로 구분하였고 부산지역의 일반적인 경향을 평가하고자 전체지점의 소음도 결과를 통행량과의 상관 분석을 실시하였다.

상관성 분석 결과, 자동차 전용도로의 경우 총교통량 > 승용교통량 > 등가교통량 > 화물교통량의 순으로 나타나 자동차 전용도로에서의 소음도를 결정하는 주요인자는 노출빈도가 가장 큰 총교통량의 영향을 가장 많이 받는 것으로 평가되며, 주요 도심지의 일반간선도로 및 교차로에서는 화물교통량 > 등가교통량 > 총교통량 > 승용교통량의 순으로 나타나 도심 지역일수록 화물차교통량에 의한 영향이 많이 작용하는 것으로 판단된다. 또한 전체지점에서의 평균 소음도는 화물차교통량 > 등가교통량 > 전체교통량 > 승용교통량 순으로 나타나 화물교통량이 상관도가 가장 높게 나타났다. 이 결과는 박⁴⁾ 등의 서울시 간선도로 결과에서 나타난 등가교통량 > 화물차교통량 > 전체교통량 > 소형교통량의 순과는 다른 경향을 나타내는 것으로 부산지역의 경우 일반적인 도로 교통소음은 화물 통행량에 가장 큰 영향을 받고 있으며 이는 인접 항만의 물류기능이 담당하는 부산지역 도로 특성이 잘 반영된 결과로 판단된다. 이와 같은 도로 특성별 주요 영향인자에 대한 고려를 소음저감 대책 수립 시 반영한다면 보다 효율적인 소음저감 대책을 시행할 수 있을 것으로 사료된다.

주파수 대역별 특성

본 연구에서는 도로교통소음의 주파수 분석 시에 청감보정회로는 A특성, 동특성은 Fast로 하고, 주파수 범위는 20 Hz - 20 kHz까지의 1/3 옥타브 분석을 실시하였다. Fig. 3은 측정시기의 평균 주파수를 주파수 특성이 유사할 것으로 판단되는 자동차 전용도로, 일반 간선도로, 교차로로 구분하여 표시하였다.

도로 특성에 따라 주파수 대역별 특성은 유사하게 나타나고 있으며, 자동차 전용도로의 경우 전반적으로 저주파 영역인 63 Hz 대역과 1 kHz 대역에서

Table 4. Correlation between average Leq and traffic volume

<전체 지점>

	평균소음도	총교통량	화물통행량	승용통행량	등가교통량
평균소음도		0.290	0.842**	0.203	0.791*
총 교통량	0.290		0.287	0.993**	0.641
화물통행량	0.842**	0.287		0.189	0.919**
승용통행량	0.203	0.993**	0.189		0.562
등가교통량	0.791*	0.641	0.919**	0.562	

<자동차 전용도로>

	평균소음도	총교통량	화물통행량	승용통행량	등가교통량
평균소음도		0.988*	0.709	0.984*	0.855
총 교통량	0.988*		0.757	0.990**	0.893
화물통행량	0.709	0.757		0.660	0.970*
승용통행량	0.984*	0.990**	0.893		0.824
등가교통량	0.855	0.893	0.970*	0.824	

<일반간선도로 및 교차로>

	평균소음도	총교통량	화물통행량	승용통행량	등가교통량
평균소음도		0.665	0.889*	0.630	0.815
총 교통량	0.665		0.798	0.998**	0.939*
화물통행량	0.889*	0.798		0.788	0.955*
승용통행량	0.630	0.998**	0.788		0.935*
등가교통량	0.815	0.939*	0.955*	0.935*	

*상관계수는 0.05(양쪽) 수준 유의

**상관계수는 0.01(양쪽) 수준 유의

이산형 분포를 나타내고 있어 산형 결과를 나타내고 있는 조⁵⁾ 등의 연구결과와는 다르게 나타났다. 특이할 점은 화물차량 통행량이 많은 우암지점은 20에서 40 Hz 이하의 저주파 대역에서 소음도가 가장 높게 나타나 이는 화물 차량의 고속 주행 시 발생하는 공력에 의한 소음 영향으로 추정된다.

일반 간선도로의 주파수는 저주파 영역에서의 다소 차이를 보이고 있으나 자동차 전용도로와 유사한 형태를 나타내고 있으며, 특이할 점은 온천지점의 경우 10 kHz 이상의 고주파 영역에서 높은 소

음을 나타내는 다른 형태를 나타내고 있어 추측컨대 지하 차도 출입구와 도시철도에 인접해 나타난 결과로 사료된다.

교차로 3개 지점의 주파수 특성은 매우 유사한 결과를 나타내고 있으며, 도로 주행시 나타나는 1 kHz대역의 산형 분포가 나타나지 않고 있어 교통 신호 체계에 의한 차량 정지시의 소음이 반영된 결과로 사료된다. 한편 대형차와 소형차의 주행에 따른 주파수 특성 차이를 파악하고자 화물차 통행이 빈번한 우암지점에서 추출한 대형 화물차량의 순간

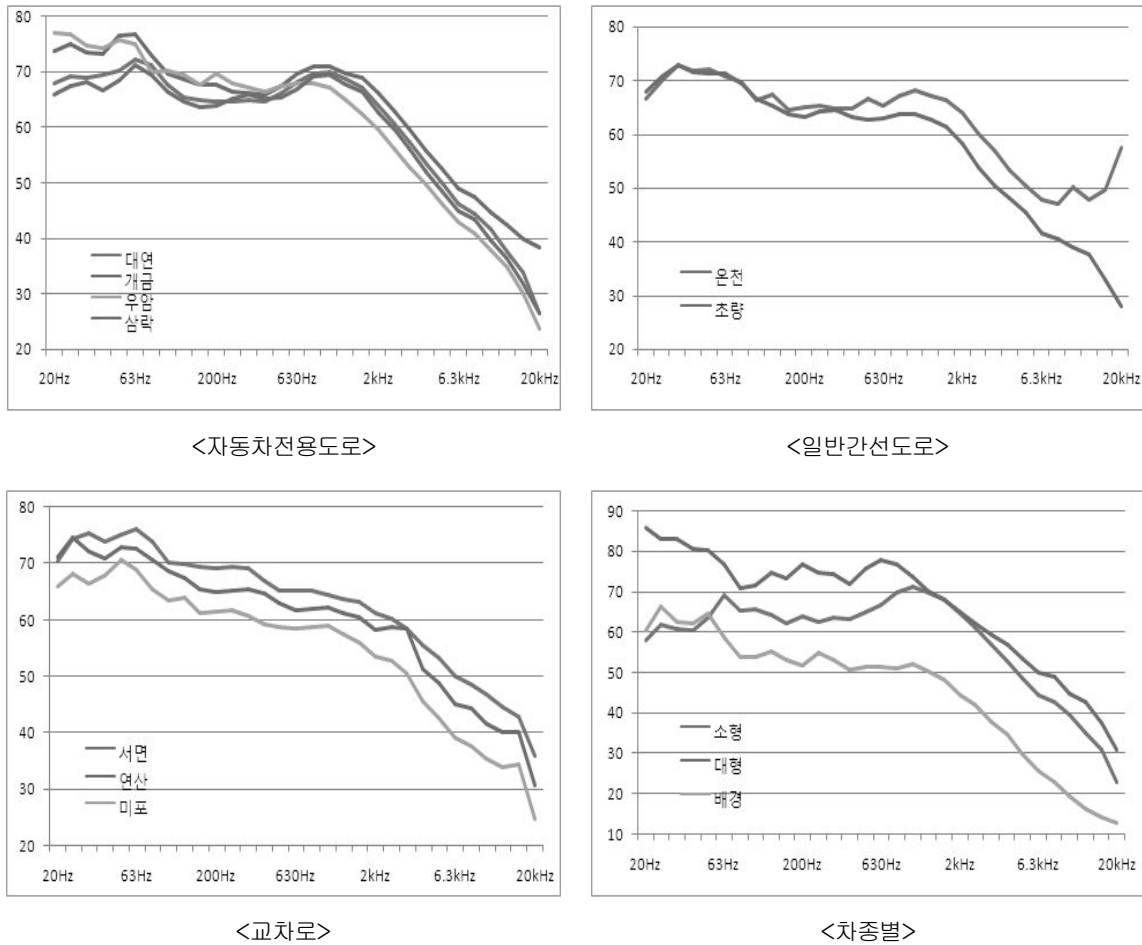


Fig. 3. Spectra of traffic noise.

주파수와 대연의 소형차량 및 미포의 차량 미주행 시의 순간 주파수 결과를 그림으로 나타내었다.

배경 주파수는 저주파 대역에서 고주파 대역으로 지속적으로 감소하는 경향을 나타내었고 소형 승용차의 주파수는 63 Hz 대역과 1 kHz 대역에서 이산형 분포를 나타내고 있고 대형 화물차의 주파수는 20 Hz에서 63 Hz의 저주파대역에서 높은 소음도를 나타내다가 630 Hz 대역에서 일시적으로 증가하는 등 소형차와의 주파수 특성은 다르게 나타났으며 김 등⁷⁾의 타 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

부산지역 주요 도로의 소음저감을 위해서는 주요 소음원의 평가와 함께 주소음원으로부터의 대책이

필수적이므로 주파수 분석을 통하여 나타난 결과를 토대로 화물차량 소음대책 수립이 우선된다고 판단된다. 특히 화물차량 소음 중 저주파 대역의 높은 소음도는 화물차량의 구조적 특성에 기인한 공력 소음으로 추측되며, 630 Hz 대역의 고주파 소음은 고속주행에 따른 차량 엔진음으로 추정되는데, 저주파 대역의 소음저감이 우선되어야 한다고 판단된다. 이러한 화물차 저 주파수 대역의 소음도를 저감하기 위해서 화물차량에 대한 운행차 소음 측정을 강화하여 운행차에 대한 유지관리 노력을 유도하고, 차량 소음측정방법을 도로 여건이 반영된 측정방법으로 보완하여 차량 제작회사의 소음개선 노력을 유도하는 대책을 마련할 필요가 있다고 사료된다.

TNI(Traffic Noise Index) 특성

교통소음지수로 표시되는 이 척도는 1968년 Griffith와 Langdon에 의해 런던 시내의 도로에 면한 14개 주택지역의 사회조사와 소음측정 결과를 기초로 제안된 척도로, 도로교통소음을 인간의 반응과 관련시켜 정량적으로 구한 양이다. 측정은 도로교통소음을 1시간 마다 100초씩 24시간 측정하고, 소음레벨 dB(A)의 L_{10} , L_{50} , L_{90} 을 구하고 각각의 24시간의 평균치를 구한다. 이들 값과 주민의 반응은 각각 단독의 값으로는 주민의 도로교통소음에 대한 불만과 일치하는 관계가 나타나지는 않았지만 L_{10} 과 L_{90} 을 조합시킨 $L_{10} - 0.75 \times L_{90}$ 은 높은 상관이 있다는 것이 밝혀졌다. 이상의 결과로부터 1968년 Griffiths Langdon이 제안하여 ISO에서 채택한 것으로 다음과 같이 정의된다⁶⁾.

$$TNI = 4 \times (L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30 \quad (\text{식 1})$$

L_{10} : 전체 샘플시간의 10 %를 초과하는 소음레벨
[상단치 10 %, dB(A)]

L_{90} : 전체 샘플시간의 90 %를 초과하는 소음레벨
[하단치 10 %, dB(A)]

이 식에서 우측의 첫 번째 $4(L_{10} - L_{90})$ 항은 소음 변동의 크기에 대한 효과를 배경소음이라 할 수 있는 두 번째 항의 L_{90} 을 이용하여 이 효과의 합이 전체 소음에 대한 효과가 되도록 조합한 것이다. 일반적으로 TNI 값이 74이상이면 주민의 50 % 이상이 불만을 토로할 수 있는 지수로 사용된다. 정확한 TNI 값을 구하려면 24시간동안 1시간 간격의 측정값을 기초로 하여야 하나 실제로는 거의 불가능하므로 시간대별 TNI 값으로 산출하여 Leq 값과 함께 Table 5에 나타내었다.

TNI 분석 결과, 총 9개 지점 27개 시간대 TNI 값 중 12개가 기준 74를 초과하였고 대부분이 자동

차 전용도로에서 초과하는 것으로 나타났으며, 일반 간선도로와 교차로는 일부지점을 제외하고 74 미만으로 나타나 TNI 결과로만 판단한다면 부산지역 민원이 자동차 전용도로에 집중되리라 예상되며 실제 민원의 경향도 동일하게 나타나고 있다.

지점별로 살펴보면 자동차 전용도로의 대연, 삼락지점의 경우 교통량이 가장 많은 첨두시간인 퇴근시간대의 Leq 값이 상대적으로 높음에도 불구하고 TNI 값은 오히려 낮게 나타나고 있다. 이는 소음의 변동폭이라 할 수 있는 $L_{10} - L_{90}$ 값이 적게 산출되어 나타난 결과로 판단되며 차량 밀집에 따른 차속의 감소가 TNI 값을 감소시키는 요인으로 판단된다. 그러나 대형 차량통행량이 많은 개금, 우암지점은 Leq 값이 상대적으로 낮음에도 불구하고 TNI 값은 높게 나타나고 있어 대형차량의 통행이 많은 도로에서는 별도의 소음대책이 수립되어야 할 것으로 사료된다. 일반간선도로의 경우 Leq 값과 TNI 값은 다소 유의성이 없는 상관성을 나타내고 있으며 특히 야간시간대의 높은 TNI 값은 차속의 증가와 상대적으로 간헐적인 차량통행의 결과가 반영된 것으로 판단된다. 교차로 지점의 경우 대부분 지점에서 TNI 값은 74 미만으로 나타났으나, 교통량이 많은 서면지점에서 낮 저녁 시간대에 TNI 값은 높게 나타내었다. 이는 상대적으로 교통량에 영향을 많이 작용한 결과로 사료된다.

전반적으로 부산지역의 TNI값은 소음 변동폭이라 여겨지는 $L_{10} - L_{90}$ 값의 크기에 따라 결정되는 것으로서 소형차량의 비율이 높은 도로에서는 차속의 증가에 따라 TNI 값은 증가하고 대형차량의 비율이 높은 도로에서는 대형차의 통행빈도에 따라 TNI 값이 증가하는 것으로 나타났다.

한편 이⁷⁾ 등의 소음환경기준의 평가방법에 관한 연구에서 도로변지역은 Leq 평가법보다는 TNI 평가법이 더 타당하다고 하였는데 일부 지점에서의

Table 5. Leq, TNI of sampling time range

지점	시간대	Leq	TNI	L ₁₀ - L ₉₀
대연	낮	77.8	81.6*	10.4
	저녁	76.7	71.3	7.4
	밤	75.9	83.1*	11.4
개금	낮	79.5	81.3*	9.6
	저녁	77	80.3*	10.3
	밤	78.1	75.2*	8.3
우암	낮	75.4	84.1*	11.8
	저녁	74.8	85.6*	12.6
	밤	74	83.5*	12.3
삼락	낮	76.5	87.7*	12.7
	저녁	77.5	72.7	7.6
	밤	74.3	80.4*	10.9
온천	낮	74.9	70.1	7.6
	저녁	76.8	65.1	6.2
	밤	74.9	73.9	8.8
초량	낮	71.9	65.9	7.3
	저녁	70.5	64.6	7.3
	밤	71.9	73.3	9.7
서면	낮	74.4	74*	8.9
	저녁	74.7	74.7*	9.2
	밤	73.4	71.8	8.6
연산	낮	71.9	69.6	8.4
	저녁	71.8	69.3	8.7
	밤	70.8	67.2	8.1
미포	낮	67.3	70.3	10.1
	저녁	67.6	69.7	9.9
	밤	66.6	72.9	11.4

TNI 값 74이상인 경우 “*”로 표시

Leq는 75 dB(A)가 넘는 높은 소음도를 나타내에도 불구하고 TNI 값은 74 미만으로 나타난 현상을 반영한다면 도로변 소음 평가시 Leq와 도로 인접지역 주민의 불쾌도를 반영한 TNI를 동시에 고려하여 평가함으로써 평가의 다양성을 확보할 수 있리라 사료되며, 소음대책 수립 시에도 인체의 감각 지수라 할 수 있는 TNI 감소를 위한 별도의 소음 대책을 수립하여 시행함으로써 보다 소음민원에 효과적으로 대응하리라 사료된다.

지점별 Leq(등가소음도) 특성

Leq(Equivalent continuous sound level)는 소

음의 강도변화에 의한 청력의 위험 정도를 평가하는데 주로 이용되는 값으로 소음의 환경적 영향을 결정하는데 사용된다. 1982년 ISO에서는 간헐음 및 불규칙음에 대해 등가치를 평가하는 수단으로 제시하였고 우리나라에서도 환경기준치에 이 값을 기준으로 설정하고 있다.

본 연구에서는 샘플주기를 0.5초로 하고 청감보정회로는 A특성, 동특성은 Fast로 하여⁸⁾ 1시간 동안 연속 측정된 결과를 이용하여 Leq 분석을 실시하였으며, 지점별 시간대별 조사결과는 Table 6에 나타내었다.

부산지역 도로 특성별 Leq 크기는 자동차 전용

Table 6. Noise level of measured road

(unit : dB(A))

<12:00>									
통행특성	측정지점	Leq	L _{min}	L _{max}	L ₉₅	L ₉₀	L ₅₀	L ₁₀	L ₅
자동차 전용도로	대연	77.8	59.7	93.9	67.8	70	75.7	80.4	82.2
	개금	79.5	63.2	95.8	70.7	72.9	77.9	82.5	84
	우암	75.4	59.3	90.7	66	66.9	70.8	78.7	81.7
	삼락	76.5	54.8	100.3	65	66.9	74	79.6	81.2
일반 간선도로	온천	74.9	61.6	86.3	67.9	69.7	74.2	77.3	78
	초량	71.9	58.4	89.4	64.9	66.7	70.8	74	75.3
교차로	서면	74.4	63.4	89.3	67.6	68.4	71.8	77.3	79
	연산	71.9	60.6	87.7	64.9	66	69.6	74.4	76.4
	미포	67.3	52.5	85.1	58.1	59.9	65.1	70	71.5
<18:00>									
통행특성	측정지점	Leq	L _{min}	L _{max}	L ₉₅	L ₉₀	L ₅₀	L ₁₀	L ₅
자동차 전용도로	대연	76.7	65	89.4	70.3	71.7	75.5	79.1	80.2
	개금	77	61.8	99.4	67	69.1	75.4	79.4	80.7
	우암	74.8	60.6	91.4	64.3	65.2	69.1	77.8	81.9
	삼락	77.4	66.8	86.6	71	72.3	76.8	79.9	80.8
일반 간선도로	온천	76.8	64.2	104	69.4	70.3	73.6	76.5	77.3
	초량	70.5	56.9	84.3	64	65.4	69.1	72.7	74.3
교차로	서면	74.7	63.5	92.6	67	67.9	71.4	77.1	79.4
	연산	71.8	60	94.5	63.5	64.5	68.4	73.2	75.4
	미포	67.5	54	84.5	58.9	60.1	65.6	70	71.9
<22:00>									
통행특성	측정지점	Leq	L _{min}	L _{max}	L ₉₅	L ₉₀	L ₅₀	L ₁₀	L ₅
자동차 전용도로	대연	75.9	58.2	89.8	65.7	67.5	74.5	78.9	80.1
	개금	78.1	61.8	99.6	69.6	72	76.8	80.3	81.7
	우암	74	60.4	94.2	63.5	64.3	67.8	76.6	80.8
	삼락	74.3	59	87.5	65.5	66.8	72	77.7	79
일반 간선도로	온천	74.9	60	97.5	67	68.7	73.7	77.5	78.4
	초량	71.9	52.8	88.3	61.4	64.5	71.2	74.2	75.2
교차로	서면	73.4	60.9	89.5	66.3	67.4	70.9	76	78.2
	연산	70.8	59.9	92.2	63.7	64.8	68.7	72.9	74.6
	미포	66.6	50.1	90.8	56	57.3	63.5	68.7	70.7

도로 > 일반 간선도로 > 교차로의 순으로 나타났으며 전반적으로 교통량 포화시 까지 교통량의 증가에 따라 Leq 값이 증가하다가 포화 이후부터는 차속의 증가에 따른 영향이 Leq 값에 많이 작용하는 것으로 판단된다.

시간대별로 살펴보면 주간시간대(12:00, 18:00)

자동차 전용도로에서의 Leq는 교통량이 적은 12:00 시간대의 경우 개금(79.5) > 대연(77.8) > 삼락(76.5) > 우암(75.4)의 순으로 나타났고, 교통량이 많은 18:00시간대에는 삼락(77.4) > 개금(77.0) > 대연(76.7) > 우암(74.8)의 순으로 나타나 전반적으로 높은 소음도를 보였으나 측정지점인 도로단과

실제 인접된 주거지역과의 이격거리가 있어 인근 주민의 체감 소음도는 이보다는 낮을 것으로 판단된다. 지점별로 Leq 값의 크기를 결정하는 원인을 분석해보면 개금, 대연, 우암지점의 경우 교통량이 상대적으로 적은 시간대의 소음도가 더 크게 나타나 교통량보다는 차속의 증가가 소음도에 더 큰 영향을 미치는 지점으로 판단되며, 삼락지점은 교통량이 많은 첨두시간대에 소음도가 크게 나타나 교통량이 상시 포화상태로 판단되는 개금, 대연의 결과와는 다르게 나타났다. 최근 조성된 강변도로(삼락)의 경우 차량 통행량이 점차 증가될 것으로 예상되며 도로단에서의 등가소음도도 증가될 것으로 예측되나 다행히 강변도로 구간과 주거지역과는 충분한 이격거리가 있어 향후에도 소음에 의한 민원제기 가능성을 낮아 보인다.

일반 간선도로의 경우 최소 70.5 dB(A)에서 최고 76.8 dB(A)를 기록하였으며 지점별로는 온천지점의 경우 교통량이 많은 18:00시간대의 소음도가 높게 나타나 교통량에 따른 소음도의 영향이 크게 나타나는 지점으로 평가되며 초량지점은 오히려 교통량이 적은 시간대에 Leq 값이 높게 나타나 차속의 영향이 많이 작용하는 지점으로 평가된다.

교차로 지점은 주간의 경우 교통체계의 신호주기에 따라 소음도의 높낮이가 결정되는 경향을 나타내고 있으며 지점별 소음도는 교통량이 많은 서면지점의 소음도가 가장 높게 나타났고 교통량이 적은 미포지점의 소음도가 가장 낮게 나타났다. 각 지점별 시간대별 소음도의 변화는 불과 0.1 - 0.3 dB(A) 정도로 거의 일정하게 나타나고 있어 교차로 지점의 경우 차량 통행량과의 상관성은 다소 적어 보인다.

야간시간대(22:00)의 소음도는 대부분의 지점에서 교통량의 감소에 따라 Leq는 낮게 나타났으나 자동차 전용도로인 개금지점과 간선도로인 초량지점에서는 교통량이 현격하게 감소하였음에도 불구하고

하고 오히려 Leq 값이 증가하는 현상이 나타났다. 이는 교통량의 감소가 정체구간 해소로 이어져 차량 운행속도가 증가하였고 이러한 결과가 소음 측정치에 반영된 것으로 판단된다. 도로별 특성에 따른 평균 소음도는 주간의 경우와 마찬가지로 자동차전용도로 > 일반간선도로 > 교차로의 순으로 나타났다. 특히, 소음도가 높은 변영로, 동서고가도로의 주거지역 인접 도로구간에서는 방음벽, 방음터널 등 소음저감 시설의 우선 설치가 필요할 것으로 사료되며 이와 병행하여 특정 구간에 야간의 차량속도 제한을 통하여 야간시간대의 소음저감 대책을 수립 시행함이 타당할 것으로 판단된다.

지점별 소음도 대표값으로서의 Leq는 모두 L₅₀과 L₁₀ 사이에 위치하고 있었으며, L₉₀은 측정시간 중 90 % 시간을 넘는 소음레벨을 말하는 것으로 평균 background level로 표현될 수 있어 소음도 노출을 평가하는데 중요한 요소로 취급될 수 있다⁹⁾. 주거지역과 인접해 있는 지점의 소음측정 결과를 보면, 대연지점 L₉₀은 주간 평균 70.9, 야간 67.5 dB(A)로 나타났고, 개금지점의 L₉₀은 주간 평균 71, 야간은 72는 dB(A)로 나타나 인근 주민의 감각적 부담은 심할 것으로 예상되며 소음방지 대책 수립 시 우선적으로 고려대상이 되어야 할 것으로 사료된다.

소음도 분포 특성

등가소음도(1시간, 샘플주기 500 ms)의 지점별 소음도 분포를 상자도표(Box Plot)로 표기하여 연속형 변수의 중위수(50 %)와 일사위분수(25 %), 삼사위분수(75 %), 최대값(5 %), 최소값(95 %)을 나타내었다. 상자의 길이가 길면 소음도의 범위가 넓게 퍼져 있는 것이고 짧으면 밀집되어 있는 것으로서 최대값(5 %)의 크기가 클수록, 상자의 길이가 길수록 주변소음과 차량소음의 차이가 많아 불쾌감

의 크기는 더할 것으로 예상된다.

소음도 분포도를 차량통행이 많은 침두시간대인 저녁(18시)와 상대적으로 차량통행량이 적은 야간(22시)시간대에 지점별로 Fig. 4에 나타내었다.

소음도 분포를 보면 도로에서의 차량 주행 특성을 예상해 볼 수 있는데 대연, 삼락지점의 경우 저녁시간대에는 퇴근길 차량정체로 차량 통행량은 많으나 차량속도 감소로 인하여 소음도가 좁게 분포되어 있으며 야간 시간대에는 통행이 상대적으로 원활하여 차속이 증가하는 한편 통행은 조밀하지 못한 특성으로 소음도가 넓게 분포하고 있다. 개금지점의 경우 야간시간대에는 화물차량의 통행빈도가 저녁시간대보다 적어 화물차량의 통행이 많은 저녁시간대의 소음도 분포가 넓게 나타난 것으로 판단된다. 우암지점의 경우 조사 지점 가운데 소음도 분포가 가장 넓게 퍼져 있는데 이는 소음도가 높은 화물차 통행량의 비율이 42 %에 달하고 차량 통행이 조밀하지 못해 차량 주행소음과 주변소음의 차이가 크게 나타나 소음도의 범위가 넓게 퍼져 있고 소음도의 최대값 또한 높게 나타나고 있어 소음에 의한 불쾌감의 크기는 크게 느껴질 것이나, 다행히 항만에 치우쳐 있고 인근 주거지역과 200 m 이상 이격거리가 있어 주거지역에 대한 소음영향은

미미할 것으로 예상된다.

일반 간선도로인 온천, 초량지점의 경우 주간 시간대에 소음도 분포가 상대적으로 조밀하게 나타나고 있으며 야간시간대의 소음분포가 넓게 나타나 야간의 차량주행이 주간보다는 덜 조밀하게 운행되고 있음을 판단할 수 있었다. 교차로지점인 서면, 연산, 미포지점은 일반적으로 넓은 교차 공간으로 소음 확산이 양호하고 교통신호체계의 규칙성, 주기적인 특성으로 저녁시간대와 야간시간대의 차량 주행 빈도가 다름에도 불구하고 소음도 분포는 유사하게 나타났다.

부산지역 도로의 주요기능이 항만 화물의 이송에 있다는 점을 감안한다면 대형 컨테이너의 통행이 빈번한 도로에서는 소음도 분포가 넓게 나타나 상대적으로 불쾌감이 크게 작용할 것으로 판단되므로 특히 주거 지역과 인접한 구간에서는 대형 화물차의 차속제한 등 별도의 저감 대책이 수립되어야 할 것으로 사료된다.

결론

부산지역의 대표적 주요 간선도로인 자동차 전용 도로 4개소, 일반 간선도로 2개소 및 주요 교차로 3

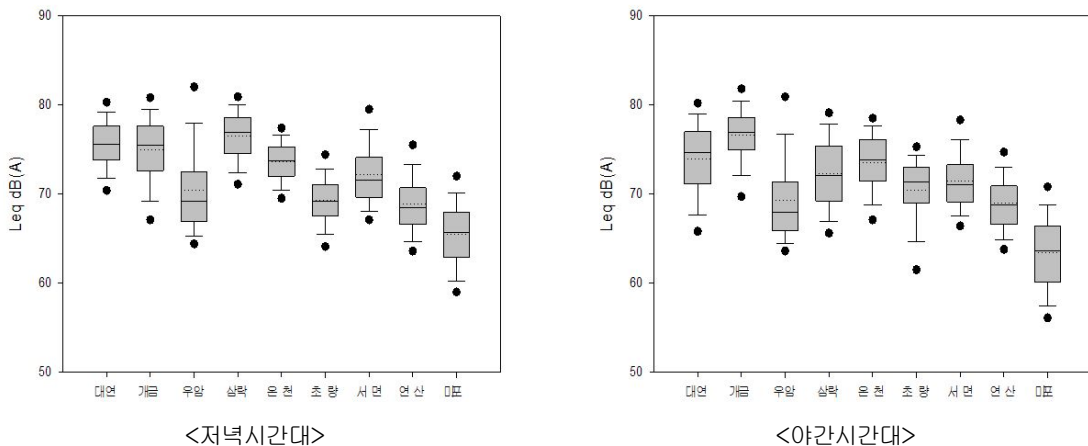


Fig. 4. Box plot of traffic noise.

개소에서 발생하는 소음 현황을 파악하고 소음 유발인자와의 상관성, 주파수 특성 등을 조사 분석한 결론은 다음과 같다.

1. 교통량과의 상관도 분석 결과, 평균 소음도는 화물차교통량 > 등가교통량 > 전체교통량 > 승용교통량 순으로 나타나 화물차교통량의 증감에 따라 소음도가 증가하는 경향을 나타내고 있어 인접 항만 물류기능을 담당하는 부산지역 도로 특성이 잘 반영된 결과로 판단된다.
2. 주파수 분석 결과, 소형 승용차의 주파수는 63 Hz 대역과 1 kHz 대역에서 이산형 분포를 나타내었고 대형 화물차의 주파수는 20 Hz에서 63 Hz 저주파대역에서 높은 소음도를 나타내다가 630 Hz 대역에서 일시적으로 증가하여 소형차의 경향과는 다르게 나타났다.
3. 시간대별 TNI 값은 총 27개의 TNI 값 중 12개가 74 이상을 나타내고 있고 대부분 자동차 전용도로에서 높게 나타났으며, 일부 지점에서의 Leq 값이 75 dB(A)가 넘는 높은 소음도를 나타냄에도 불구하고 TNI 값은 74 미만으로 나타난 현상을 반영한다면 도로변 소음 평가시 Leq와 TNI를 동시에 고려하여 평가함이 타당하다고 사료된다.
4. 도로별 특성에 따른 1시간 Leq의 크기는 주·야간 모두 자동차전용도로 > 일반간선도로 > 교차로의 순으로 나타났고, 자동차전용도로에서는 개금 > 대연 > 삼락 > 우암의 순, 일반간선도로에서는 온천 > 초량의 순, 교차로에서는 서면 > 연산 > 미포의 순으로 나타났으며, 전반적으로 교통량이 많을수록 소음도가 증가하는 경향을 나타내고 있으나 교통량이 포화된 일부 지점에서는 교통량이 적은 시간대의 차속 증가가 소음도에 반영됨을 알 수 있었다.
5. 소음도 분포는 전반적으로 주간시간대보다는 야

간시간대 차량 주행의 비연속성으로 소음 분포가 넓게 나타났으며, 특히 우암지점의 경우 화물차 통행량 비율이 42 % 정도로 높고 차량 통행빈도가 낮은 사유로 소음도 분포는 가장 넓게 나타나 불쾌도는 높을 것으로 예상되나 주거지역과의 200 m 이상 이격거리가 있어 체감 소음도는 낮을 것으로 추정된다.

6. 이상의 결과를 종합하면 부산지역의 경우 인접 항만의 물류를 담당하는 대형 컨테이너가 도시소음의 주요 원인으로 판단되며 이러한 대형 화물차로 인한 소음저감을 위해서는 운행차 소음측정을 강화하여 운행차량 유지관리 노력을 유도하고, 정형적인 차속 규제에서 벗어나 차종별 시간대별로 유연한 차속 규제를 도입하는 등 종합적인 소음 저감 대책의 수립 시행으로 쾌적하고 정온한 도시환경을 조성할 수 있으리라 사료된다.

참고문헌

1. 이광수 등, “군산시 도로 교통소음 조사”, 전라북도보건환경연구원보(2011)
2. 김병삼 등, “도로 교통소음의 환경평가 단위인 24시간 등가소음레벨에 대한 적정성 검토에 관한 연구”, 한국소음진동공학회논문집, 17(3), 274 - 281(2007)
3. 환경부, “소음·진동 관리법”(2011)
4. 박준철 등, “서울시 간선도로의 소음도 현황 및 예측식에 관한 고찰”, 한국환경보건학회지, 34(5), 395 - 402(2008)
5. 조창근, “교통조건에 따른 간선도로변 도로교통소음 특성에 관한 실험적 연구” 한국생활환경학회지, 17(5), 585 - 594(2010)

6. D. N. May, Handbook of Noise Assessment, Van nostrand reinhold company, 47 - 49(1978)
7. 이종우 등, "소음환경기준의 평가방법에 의한 조사연구", 국립환경연구소보, 7, 95 - 103(1985)
8. 김종신 등, "전주시 도로교통 소음 조사", 전라북도보건환경연구원보(2008)
9. 한돈희, "Leq, Lr, TNI평가법에 의한 부산시 주요 상가변의 소음도 분석", 한국환경위생학회지, 16(1), 9 - 19(1990)