

부산시 도로교통소음 예측 및 소음저감 방안에 관한 연구

정한희*, 송도규, 강태연, 김경아

생활환경팀

A study on the Road Traffic Noise Prediction and Noise Reduction in Busan

Han-Hee Jeong*, Do-Kyu Song, Tae-Yeon Kang, Gyeong-A Kim

Urban Living Quality Team

Abstract

As the area around the crossroad was designated as a residential area, the noise level was predicted by using a noise prediction software for four crossroads vulnerable to road traffic noise, and noise prediction was carried out by applying a noise reduction plan for areas that exceeded the standard by comparing the analyzed predicted noise level with the noise environmental standards. As a result of analyzing the predicted noise level, it was predicted that most of the four crossroads would exceed the environmental standards, so noise reduction measures are expected to be necessary. In particular, when looking at the excess rate of the predicted noise level compared to the noise environmental standards, it was found that it exceeded 2.6% to 12.9% in the day and 11.1% to 30.2% in the night, and the noise level at night was predicted to exceed the standard significantly compared to the day noise level. In this study, soundproof walls and low noise pavement were applied as a measure to reduce noise, and when a 3-meter soundproof wall was installed in the center of the road, noise was reduced by up to 1.6 dB(A) during the day, and noise reduction effect of 2.3 dB(A) at night. When the low noise pavement was applied, the predicted noise level was expected to meet the noise environmental standards at most points during the day, but various studies are expected to be needed to meet the noise environmental standards at night.

Key words : road traffic noise, noise prediction, crossroad

1. 서론

교통소음이란 기차·자동차·전차·도로 및 철도 등 교통기관에서 발생하는 소음으로 정의되며, 일상생활에서 가장 쉽게 노출되는 교통소음은 도로에서 자동차 주행으로 발생하는 도로교통소음이다.¹⁾ 자동차 주행 시 엔진음, 타이어와 노면의 마찰음 등의 복합적인 요인이 소음으로 발생하며, 승용차는 30 km/h 이상의 속도로 주행할 경우와 화물차는 80 km/h 이상의 속도로 주행할 경우 엔진에서 발생하는 소음보다 타이어에서 발생하는 마찰 소음이 도로교통소음에서 더 큰 영향을 미친다.^{2),3)}

부산은 항만과 공항을 기반으로 국내 물류산업에서 대부분의 물동량을 차지하고 있는 물류 중심지이며, 화물운송업이 차지하는 비율이 높기 때문에 대형차를 포함한 교통량이 많고 그에 따라 많은 도로교통소음이 유발되고 있다.⁴⁾

또한 부산의 대규모 공동주택 개발로 주변 도로의 신설 및 확장과 더불어 개발지 주변 교통량은 더 증가할 예정이며, 이러한 공동주택 개발이 제한된 부지 내에서 이루어지기 때문에 토지의 이용효율 극대화 및 접근 편의성 등의 이유로 도로변에 인접한 공동주택 건설이 증가하고 있다.⁵⁾ 따라서 시민들이 일상생활에서 더욱 쉽게 도로교통소음에 노출될 수 있으며, 도로교통소음과 관련된 피해와 민원이 증가하고 있는 추세이다.

소음은 순간적으로 발생하여 소멸하기 때문에 소음 발생원으로부터 인접한 공간 내에서 영향을 미치고, 다른 환경 오염원과 달리 확산되지 않는 특성을 가지고 있으며, 같은 크기의 소음이 발생하여도 주변 환경 조건이나 듣는 사람의 건강 상태에 따라 다르게 느낄 수 있다.⁶⁾

이러한 소음에 노출되면 심혈관계질환, 난청, 학습능력 저하, 수면방해 등의 건강문제가 발생하며, 유럽 6개국에서 진행된 연구를 통하여 교통소음이 매년 100만 명당 400건~500건의 질병을 유발시킬 수 있는 고위험 인자로 밝혀졌다.^{7),8)}

이에 소음으로부터 피해를 최소화하고 정온한 생활 환경을 조성할 수 있도록 주택건설기준 등에 관한 규정에서는 공동주택을 건설하는 지점의 실외 소음도가 65 dB(A) 이상인 경우 사업주체가 적절한 소음방지대책을 수립하도록 규정하고 있으나, 주택단지 면적이 30만 제곱미터 미만의 경우 5층 이하만 실외 소음도

65 dB(A) 미만으로 유지하도록 규정하고 있다.⁹⁾ 방음벽의 설치가 공동주택의 미관을 해친다는 인식과 건설비용의 절감 등의 이유로 최소한의 소음방지대책만 수립하는 경우가 많으며, 6층 이상의 일부 세대는 실외 소음도 기준을 초과하여 창문 개방 시 도로교통소음에 그대로 노출되는 피해가 발생하고 있다.

그 외에도 환경정책기본법에서 주거지역 중 도로변지역의 경우 낮 65 dB(A), 밤 55 dB(A)의 소음 환경기준을 규정하고 있으나, 환경소음자동측정망 운영결과에 따르면 부산의 평균 소음도는 낮 69 dB(A), 밤 64 dB(A)로 조사되어 최근 3년간 꾸준히 환경기준을 초과하고 있는 실정이다.^{10),11)}

본 연구에서는 부산시 주거지역 중 도로교통소음에 노출되기 쉬운 주요 4개 교차로 주변을 대상으로 소음 예측프로그램을 이용한 2D 및 3D 소음지도를 작성하여 주변 소음도를 예측하고, 예측 소음도와 실측 소음도를 비교하여 소음예측에 대한 타당성을 검토하였다. 또한 환경정책기본법에 따른 주거지역 중 도로변지역의 소음 환경기준을 적용하여 기준 초과지역에 대하여 소음저감 방안을 적용한 후 소음도를 예측·비교하여 부산시의 지속적인 소음문제를 해결하기 위한 기초자료를 제공하고자 본 연구를 수행하였다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상

소음예측 대상지역은 부산시 주거지역 중 도로교통소음에 노출되기 쉬운 주요 4개 교차로이며, 교차로를 중심으로 주변의 용도지역이 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 따라 주거지역으로 지정된 동래구 내성교차로, 북구 만덕사거리, 수영구 민락교차로 및 해운대구 센텀고교교차로를 대상으로 선정하였다. 동래구는 내성교차로부터 동래롯데 방면, 미남 방면, 교대 방면, 동래교차로 방면으로 총 2,990 m 구간, 북구는 만덕사거리부터 구만덕 방면, 덕천 방면, 신만덕 방면, 만덕2터널 방면으로 총 2,550 m 구간에 대해 소음예측을 진행하였다. 수영구는 민락교차로부터 주거지역으로 구분된 민락교차로 북 방면, 민락교차로 서 방면, 민락교차로 남 방면과 녹지지역으로 구분된 민락교차로 동(수영교) 방면이 있으며, 교차로 및 주변의 정확한 소음예측을 위하여 녹지지역으로 지정된 민락교차로 동 방면을 포함한 총 3,000 m 구간을 연구대상으로 선정하였다. 해운대구는 센텀고교교차로부터 재송

Table 1. Specifications for four crossroads

구 분	구·군	교차로명	분석구간	구간길이[m]	용도구분
A	동래구	내성교차로	동래롯데 방면	830	주거지역
			미남 방면	600	주거지역
			교대 방면	1,010	주거지역
			동래교차로 방면	550	주거지역
B	북구	만덕사거리	구만덕 방면	680	주거지역
			덕천 방면	840	주거지역
			신만덕 방면	490	주거지역
			만덕2터널 방면	540	주거지역
C	수영구	민락교차로	민락교차로 북 방면	1,080	주거지역
			민락교차로 서 방면	820	주거지역
			민락교차로 남 방면	730	주거지역
			민락교차로 동 방면	370	녹지지역
D	해운대구	센텀고교교차로	재송동 방면	710	주거지역
			좌수영교 방면	560	주거지역 90m
			해운대 방면	670	주거지역
			해운대센텀누리 방면	60	주거지역

동 방면, 좌수영교 방면(주거지역 90 m, 그 외 상업지역), 해운대 방면, 해운대센텀누리 방면으로 총 2,000 m 구간에 대해 소음 예측을 진행하였다.(Table 1)

2.2. 분석방법

2.2.1. 소음예측 및 검증

본 연구에서는 독일에서 개발한 소음예측프로그램인 Cadna-A(ver. 2022, DataKustik)를 사용하여 4개 교차로에 대한 2D 및 3D 소음지도를 작성하였다. 소음예측프로그램을 활용한 소음지도는 지리정보를 바탕으로 소음 발생원으로부터 소음도를 공간적으로 예측할 수 있으며, 곡선도로나 종단면 구배가 일정하지 않은 도로에서도 예측 가능하다는 이점이 있다.^{12),13)} 특히 소음도를 범위별로 표시할 수 있으므로 시각적 판별·분석이 쉽고, 광역 범위의 평가가 가능하다.¹⁴⁾

소음예측을 위한 지리정보는 국토교통부 국토지리정보원에서 제공받은 수치지도를 이용하여 등고선, 도로, 건물 등의 공간정보를 입력하였다.

소음 예측식으로는 소음지도의 작성방법에서 규정

한 소음원별 예측식 중 도로 소음원에 적용가능한 RLS90을 적용하였고, RLS90 예측식을 적용하였을 때 예측 소음도와 실측 소음도의 오차범위는 0 dB(A)~2.7 dB(A)이며, 평균 1.21 dB(A) 차이로 다른 예측식에 비해 예측 소음도가 실측 소음도와 가장 비슷하게 나타나므로 국내 환경에 적용하기에 가장 적합한 것으로 알려져 있다.^{15),16)}

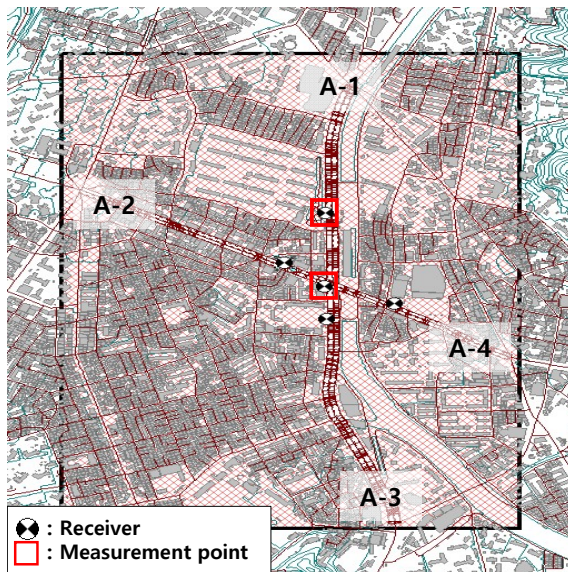
RLS90 예측식을 적용하기 위해서는 교통량, 속력, 대형차 혼입비율 등 도로교통소음원 관련 영향인자에 대한 자료가 필요하며, 이러한 정보는 부산광역시교통정보서비스센터로부터 실제 각 교차로를 통행하는 차량의 정보를 제공받아 입력하였다. 도로교통소음원 관련 자료는 주간 시간대(6:00~22:00)와 야간 시간대(22:00~6:00)로 구분하여 교통량 및 속력의 평균값을 도로의 주행방향별로 구분하여 입력하였으며, 속력 데이터를 제공받을 수 없는 D-4구간은 도로의 제한속도를 입력하여 예측하였다. 대형차 혼입비율은 소음지도의 작성방법에 따라 승용차량 및 2.5톤 미만의 소형트럭을 소형차로 구분하고, 그 외 차량을 대형차로 구분한 자료를 이용하여 산정하였다.

본 연구에서 소음예측은 교차로를 중심으로 각 방면별로 진행하였고, 예측 소음도 확인 및 소음저감 방안 전·후 비교를 위하여 각 교차로를 중심으로 방면별 300 m 이내 지점과 각 교차로 의 중심 지점에 수음점(Receiver)을 설정하였으며, 수영구 민락교차로 동 방면은 녹지지역으로 구분되므로 수음점 설정에서 제외하였다.

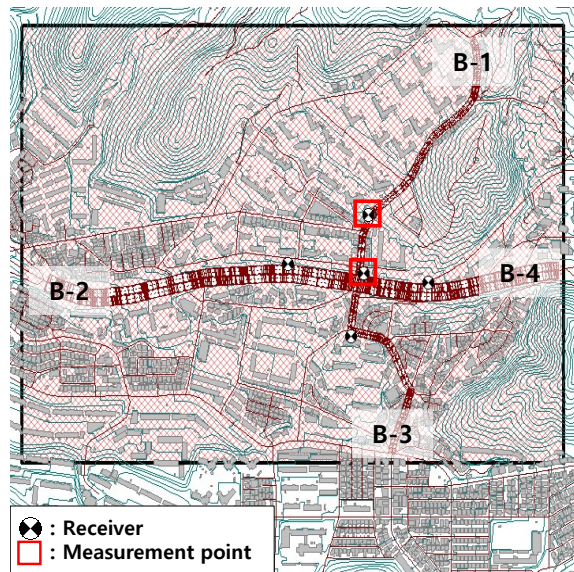
각 수음점에서 예측 소음도는 주간(6:00~22:00) 시간대와 야간(22:00~6:00) 시간대로 구분하여 평균 소음도로 예측하였으며, 예측된 소음도는 환경정책기본법에 따른 소음 환경기준(주거지역 중 도로변지역)의

낮(6:00~22:00) 시간대 및 밤(22:00~6:00) 시간대 기준과 비교하였다.

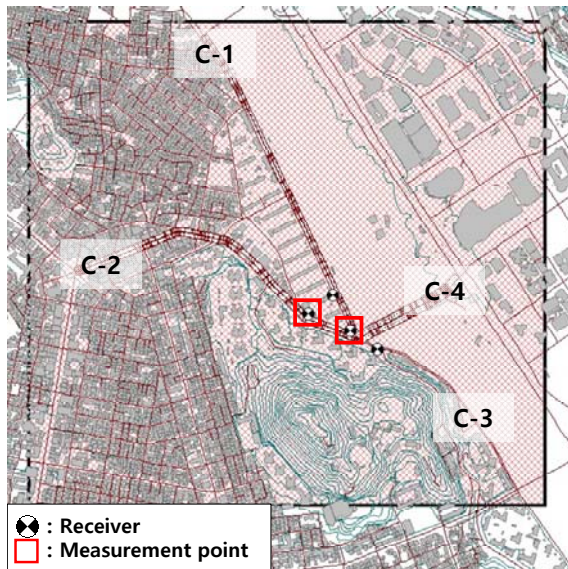
소음예측프로그램으로부터 예측된 소음도를 실측 소음도와 비교하기 위하여 각 교차로당 2개의 지점(교차로 중심 1개 지점, 방면 중 1개 지점)의 도로와 인도 경계에 소음측정기를 각각 설치하여 1시간등가소음도를 측정하였으며, 소음측정에 사용된 소음측정기는 NL-42(Rion) 4대와 NL-52(Rion) 4대이다. 실측 소음도는 각 지점별로 총 7일간 동시에 연속 측정한 후 주간 시간대와 야간 시간대로 구분하여 각 시간대의 산술평균한 값을 사용하였다. 소음예측을 진행한 각 구



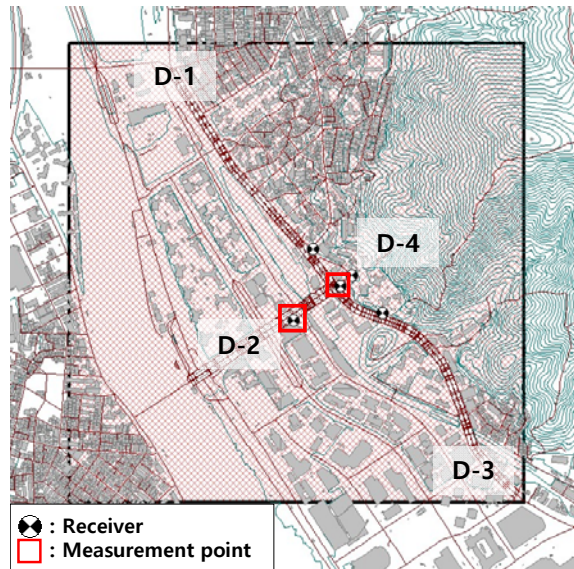
(A) 동래구 내성교차로



(B) 북구 만덕사거리



(C) 수영구 민락교차로



(D) 해운대구 센텀교교차로

Fig. 1. Noise prediction points and measurement points

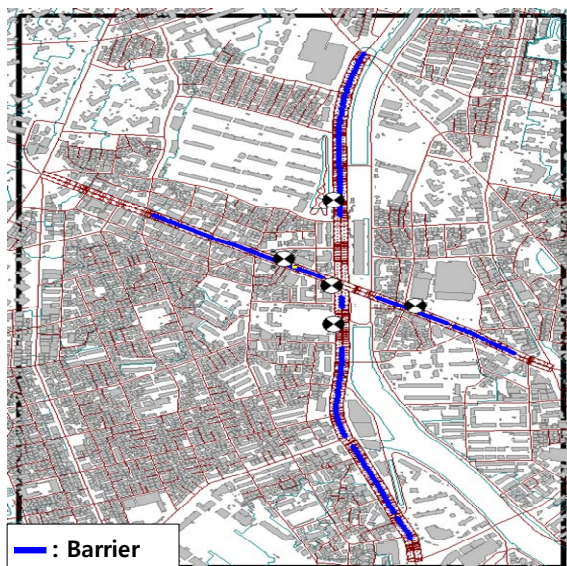
간과 수음점 위치 및 실측 위치는 Fig. 1에 나타내었다.

2.2.2. 소음저감 방안

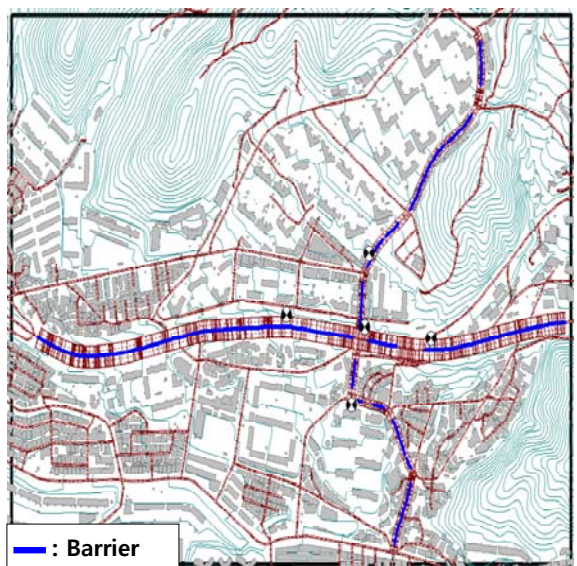
도로교통소음을 저감하기 위한 방안으로는 전달경로 저감방안, 소음원 저감방안, 수음점 저감방안으로 크게 나눌 수 있다. 전달경로 저감방안은 방음벽, 방음둑, 방음림, 방음터널 등을 설치하여 소음의 전달경로를 차단하는 방법이며, 방음벽은 구조 특성상 설치 높이가 제한되고, 방음둑과 방음림은 설치 시 충분한 공

간이 필요하다는 제약사항이 있다. 소음원 저감방안은 저소음포장, 차량의 속도제한, 대형차의 우회통행을 유도하여 운행을 제한하는 방법 등이 있으며, 수음점 저감방안은 공동주택에 방음벽을 설치하거나 세대별 방음창을 설치하는 방법이 있다.⁶⁾

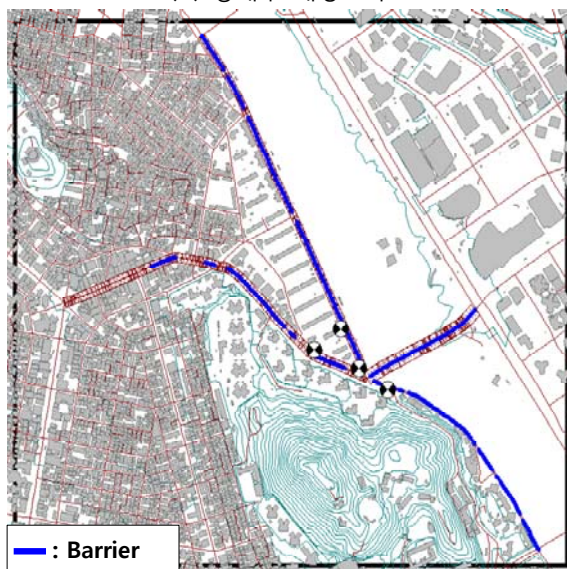
본 연구에서는 환경정책기본법에 따른 주거지역 중 도로변지역의 소음 환경기준과 예측 소음도를 비교하여 기준 초과지역에 대하여 소음저감 방안을 적용하였고, 전달경로 저감방안 중 방음벽과 소음원 저감방안 중 저소음포장을 단계별로 적용하였다.



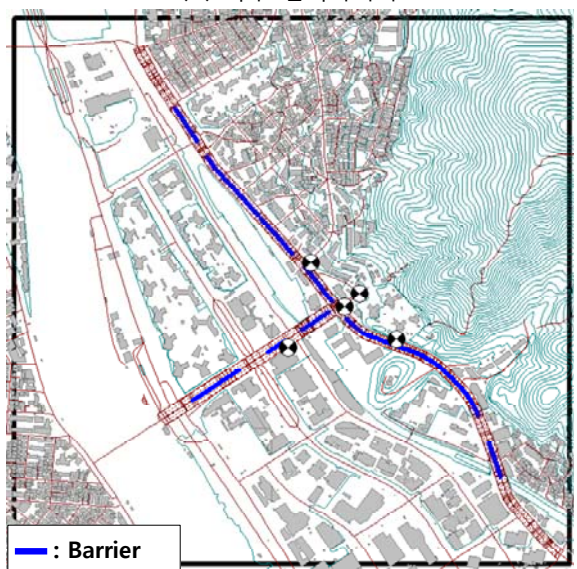
(A) 동래구 내성교차로



(B) 북구 만덕사거리



(C) 수영구 민락교차로



(D) 해운대구 센텀고교교차로

Fig. 2. Setting location of soundproof walls

방음벽을 도로와 인도 경계에 설치할 경우 차량 승·하차 시에 방해될 것으로 예상되므로 방음벽의 위치는 도로의 중앙으로 설정하였고, 횡단보도나 U턴 지점, 교차로 등 사람과 차량의 통행을 방해하지 않는 곳에만 방음벽을 설정하였다. 본 연구에서 입력한 방음벽의 길이는 A교차로 총 2,110 m, B교차로 총 2,055 m, C교차로 총 2,124 m, D교차로 1,420 m이며, 각 교차로의 방면별 방음벽 설정위치는 Fig. 2와 같다. 방음벽의 높이는 1 m씩 높여서 소음예측을 진행하였으며, 방음성능을 나타내는 흡음률은 70%로 설정하였다.

저소음포장의 소음저감 효과는 저소음 비배수성 포장 3 dB(A), 단층형 배수성 저소음포장 5 dB(A), 복층형 배수성 저소음포장 7 dB(A)로 알려져 있으며, 본 연구에서도 총 3가지 저소음포장을 각 교차로의 방면별로 적용하여 소음예측을 진행하였다.²⁾

3. 연구결과

3.1. 예측 소음도 검증 결과

교차로 주변이 주거지역으로 지정되어 도로교통소음에 노출되기 쉬운 연구대상 지역에 대한 소음도를 예측하기 위하여 각 교차로의 방면별 주간 및 야간 시

간대의 평균 소음도를 예측하였고, 예측 소음도를 검증하기 위하여 각 교차로의 소음예측 지점 중 교차로 중심 1개 지점과 방면 1개 지점을 선정하여 동일한 위치에서 소음도를 측정하여 주간 시간대와 야간 시간대의 평균 소음도를 조사하였다.

4개 교차로의 예측 소음도와 실측 소음도를 비교한 총 8개 지점의 오차(절대값) 범위는 0.0 dB(A)~6.2 dB(A), 평균 오차 1.3 dB(A)로 예측 소음도와 실측 소음도가 유사하게 나타났으며, A-1지점을 제외한 모든 지점의 주·야간 소음도가 3 dB(A) 이내의 차이를 보였다. 3 dB(A) 차이는 사람의 청력을 통하여 소음의 변화를 감지할 수 있는 최소 크기이므로 본 연구의 예측 소음도는 충분히 신뢰성 있는 값으로 보인다.¹²⁾ 다만 3 dB(A) 이상의 차이를 보이는 A-1지점은 A교차로 교통량 자료에서 A-1방면의 지하차도로 통행하는 차량의 교통량이 제외된 것에서 오차가 발생한 것으로 보이며, A-1구간은 주간 및 야간 시간대의 오차만큼 보정값(A-1')을 사용하여야 할 것으로 판단된다.(Table 2)

3.2. 소음도 예측 결과

각 교차로의 중심 지점과 방면별 지점에서 소음도를

Table 2. Comparison of predicted noise level and measured noise level

구분		시간대	예측 소음도 (dB(A))	실측 소음도 (dB(A))	오차 절대값 (dB(A))
A	A-center	주간(6:00~22:00)	73.4	72.6	0.8
		야간(22:00~6:00)	69.4	69.6	0.2
	A-1	주간(6:00~22:00)	68.5	72.8	4.3
		야간(22:00~6:00)	65.4	71.6	6.2
B	B-center	주간(6:00~22:00)	71.1	71.4	0.3
		야간(22:00~6:00)	67.7	68.8	1.1
	B-1	주간(6:00~22:00)	66.7	67.0	0.3
		야간(22:00~6:00)	61.1	59.9	1.2
C	C-center	주간(6:00~22:00)	72.4	71.4	1.0
		야간(22:00~6:00)	67.8	67.8	0.0
	C-2	주간(6:00~22:00)	71.9	72.4	0.5
		야간(22:00~6:00)	67.7	68.7	1.0
D	D-center	주간(6:00~22:00)	71.0	70.8	0.2
		야간(22:00~6:00)	65.6	67.4	1.8
	D-2	주간(6:00~22:00)	67.2	67.8	0.6
		야간(22:00~6:00)	61.1	63.0	1.9

※ A-1' : A-1지점의 예측 소음도에서 주간 시간대와 야간 시간대의 오차만큼 보정한 값 사용

예측한 결과, A교차로는 주간 67.0 dB(A)~73.4 dB(A)/야간 62.5 dB(A)~71.6 dB(A)의 범위로 나타났으며, B교차로는 주간 66.7 dB(A)~73.1 dB(A)/야간 61.1 dB(A)~70.0 dB(A), C교차로는 주간 67.1 dB(A)~72.4 dB(A)/야간 61.6 dB(A)~67.8 dB(A), D교차로는 주간 59.8 dB(A)~71.0 dB(A)/야간 52.5 dB(A)~65.6 dB(A)의 범위로 나타났다. 주간 시간대 최고 소음도는 A-center지점에서 73.4 dB(A)로 예측되었으며, 야간 시간대 최고 소음도는 A-1'지점에서 71.6 dB(A)로 나타났다.(Fig. 3, Table 3)

예측된 소음도를 환경정책기본법에 따른 주거지역 중 도로변지역의 소음 환경기준(낮 65 dB(A)/밤 55 dB(A))과 비교하였을 때 D-4지점을 제외한 전 지점에서 낮·밤 시간대의 환경기준을 초과하는 것으로 예측되었다. 특히 낮과 밤 시간대 환경기준이 10 dB(A) 차이 나는데 비해 예측된 주·야간 소음도의 차이는 1.2 dB(A)~7.3 dB(A) 차이를 보이며, 주간 예측소음도와 야간 예측 소음도가 크게 차이나지 않음을 알 수 있다. 소음 환경기준 대비 예측 소음도의 초과율을 보면 주

간 시간대는 2.6%~12.9% 초과하는 것으로 나타나며, 야간 시간대는 11.1%~30.2% 초과하여 주간 시간대 소음도에 비해 야간 시간대 소음도가 기준을 크게 초과하는 것으로 예측된다. Fig. 4는 7일간 측정된 1시간등가소음도를 주·야간으로 구분하여 실측 위치별로 표시한 그림이며, 실측 소음도를 통해서도 대부분의 측정결과가 환경기준을 초과하는 것을 알 수 있다. Fig. 5와 Fig. 6은 주·야간 예측 소음도의 분포를 시각화하여 2D와 3D로 나타낸 그림이다.

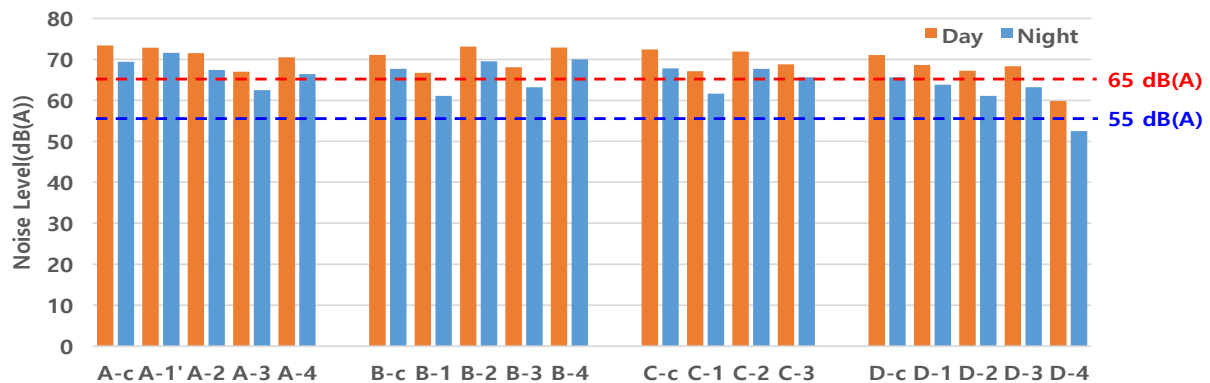


Fig. 3. Comparison of day and night predicted noise levels

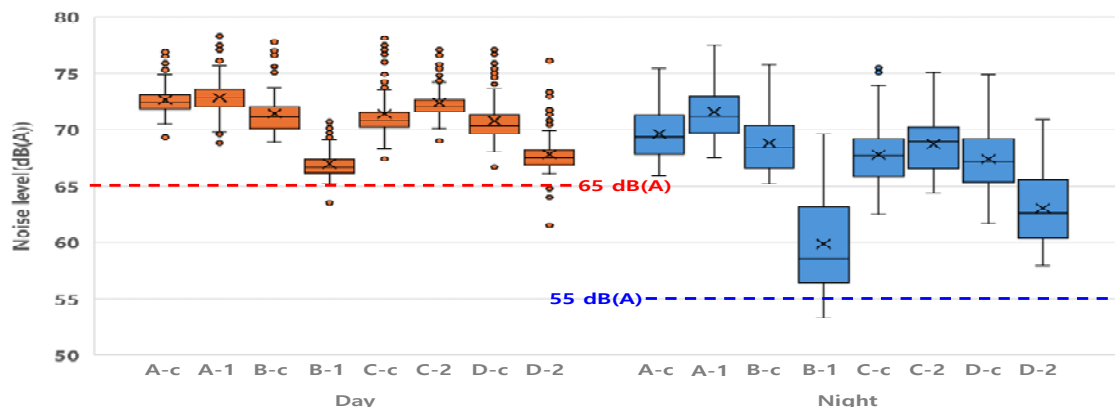


Fig. 4. Comparison of day and night measured noise levels

Table 3. Predicted noise levels according to traffic factors

구 분		주행 방향	주간 시간대 (6:00~22:00)				야간 시간대 (22:00~6:00)			
			시간당 교통량	대형차 혼입비율 (%)	속력 (km/h)	예측 소음도 (dB(A))	시간당 교통량	대형차 혼입비율 (%)	속력 (km/h)	예측 소음도 (dB(A))
A	A-center	-	-	-	-	73.4	-	-	-	69.4
	A-1 (A-1')	상행	663.0	12.7	32.0	68.5	320.0	8.4	41.6	65.4
		하행	668.0	3.4	28.4	(72.8)	182.0	5.8	40.7	(71.6)
	A-2	상행	1244.0	5.1	18.5	71.5	528.0	4.3	30.3	67.4
		하행	1609.0	7.2	18.5		615.0	6.9	31.4	
	A-3	상행	771.0	7.6	18.6	67.0	254.0	7.6	31.7	62.5
		하행	404.0	5.2	17.1		136.0	5.5	33.9	
	A-4	상행	1303.0	4.6	20.9	70.5	418.0	5.1	36.6	66.4
		하행	1301.0	8.1	15.4		586.0	5.1	32.6	
	B	B-center	-	-	-	-	71.1	-	-	-
B-1		상행	170.0	5.4	15.4	66.7	38.0	6.7	14.8	61.1
		하행	392.0	4.0	8.4		103.0	4.6	19.9	
B-2		상행	2261.0	3.7	43.4	73.1	737.0	3.7	53.3	69.5
		하행	2274.0	4.6	26.0		567.0	6.3	47.4	
B-3		상행	454.0	7.5	22.0	68.1	176.0	5.1	28.7	63.2
		하행	393.0	9.7	9.4		132.0	9.0	17.8	
B-4		상행	2494.0	5.5	41.5	72.9	645.0	6.9	54.7	70.0
		하행	2320.0	4.5	35.2		794.0	3.9	52.9	
C		C-center	-	-	-	-	72.4	-	-	-
	C-1	상행	1003.0	4.4	28.9	67.1	208.0	8.6	33.7	61.6
		하행	664.0	1.2	25.9		142.0	1.6	30.5	
	C-2	상행	1117.0	5.7	21.6	71.9	320.0	8.8	31.9	67.7
		하행	1163.0	5.4	19.8		312.0	7.1	29.0	
	C-3	상행	578.0	3.8	31.7	68.8	155.0	10.8	35.6	65.6
		하행	735.0	3.7	24.0		216.0	6.2	32.7	
	C-4	상행	1302.0	5.0	21.5	-	360.0	6.9	29.5	-
		하행	1437.0	6.8	19.0		372.0	13.3	26.1	
	D	D-center	-	-	-	-	71.0	-	-	-
D-1		상행	1430.0	5.2	25.8	68.6	422.0	4.4	37.4	63.8
		하행	1356.0	5.4	27.4		341.0	6.1	33.7	
D-2		상행	431.0	2.0	25.5	67.2	86.0	1.3	28.7	61.1
		하행	514.0	2.5	25.4		133.0	1.9	32.0	
D-3		상행	1272.0	5.6	25.1	68.3	322.0	6.4	36.1	63.2
		하행	1293.0	5.4	24.0		363.0	4.8	35.4	
D-4		상행	77.0	5.9	50.0	59.8	15.0	3.9	50.0	52.5
		하행	47.0	2.3	50.0		8.0	0.0	50.0	

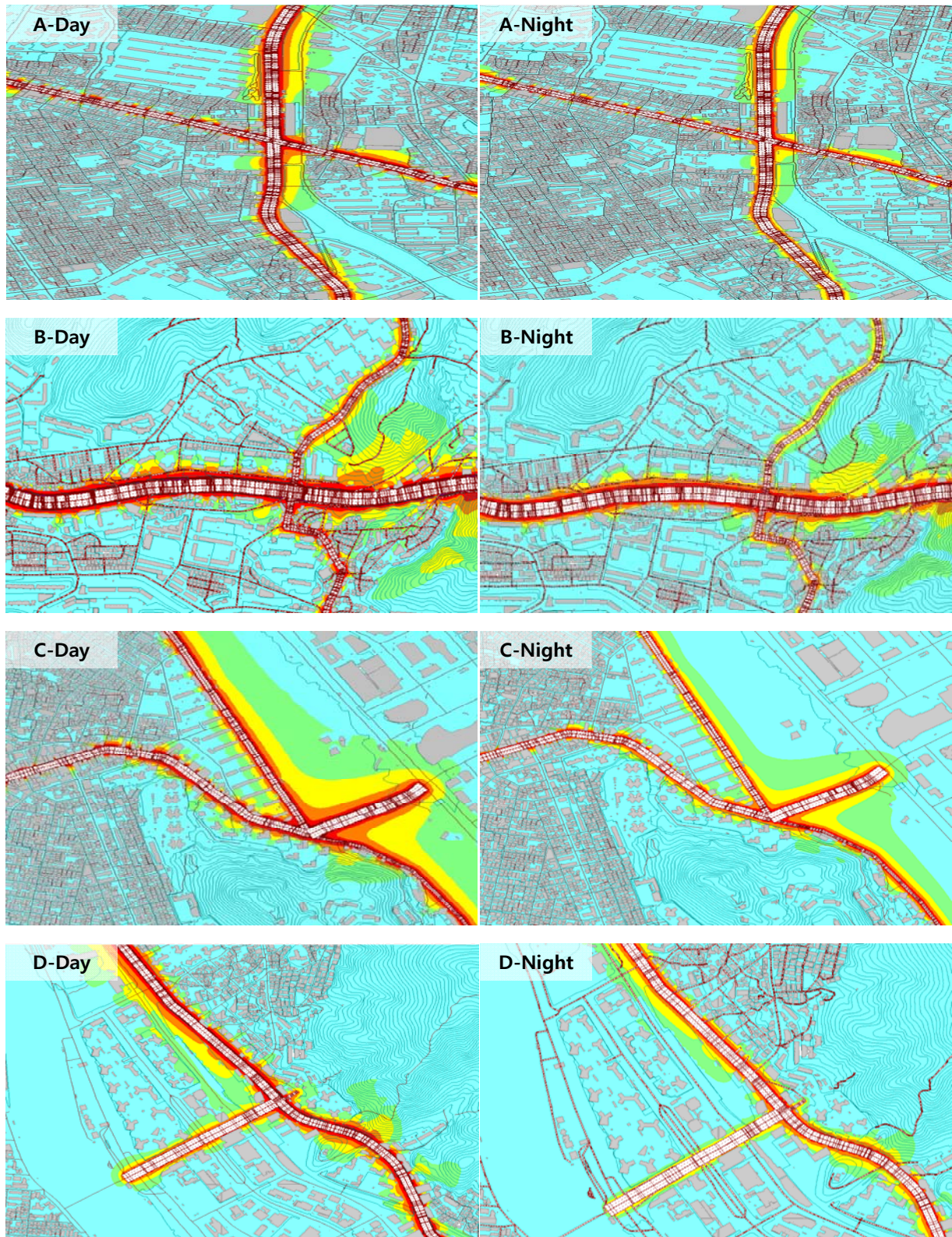


Fig. 5. Predicted noise level distribution at four crossroads(2D)

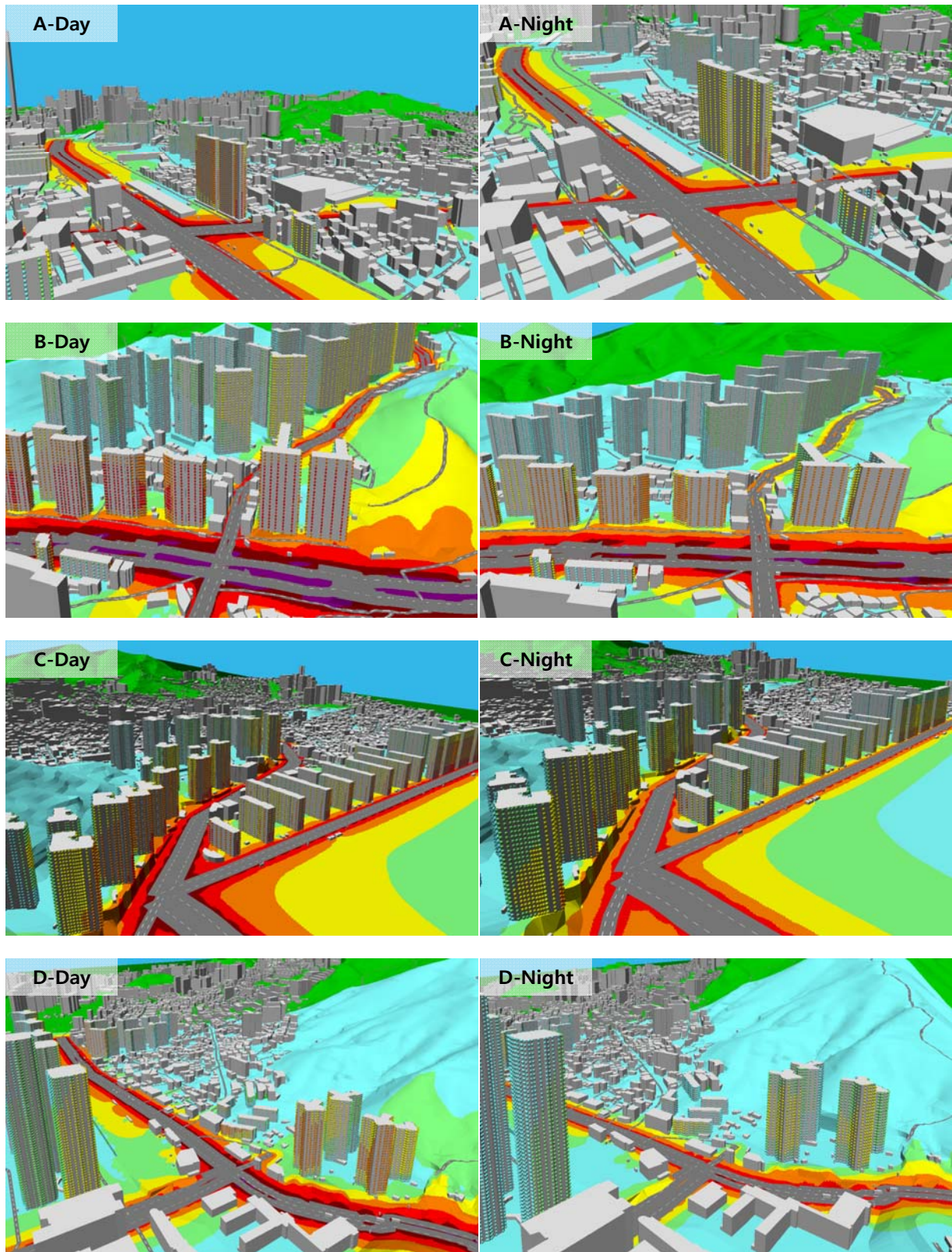


Fig. 6. Predicted noise level distribution at four crossroads(3D)

3.3. 소음저감 방안 적용 결과

앞서 예측 소음도 분석결과와 실측 소음도 조사결과를 통하여 4개 교차로의 각 방면 중 D-4지점을 제외한 모든 방면에서 소음 환경기준을 초과하여 소음저감 방안이 필요한 것으로 보인다.

먼저 전달경로 저감방안인 방음벽을 도로의 중앙에 적용 시 1 m 방음벽은 최대 주간 0.6 dB(A)/야간 0.9 dB(A)의 저감효과가 있었으며, 2 m는 최대 주간 1.4 dB(A)/야간 2.0 dB(A), 3 m는 최대 주간 1.6 dB(A)/

야간 2.3 dB(A)의 저감효과가 나타났다. 사람과 차량 통행에 방해되지 않는 공간에만 방음벽을 적용하다보니 횡단보도나 U턴지점 및 교차로에 수음점이 위치한 A-3지점, B-3지점 및 각 교차로의 center지점은 소음 저감효과가 없거나 아주 미미한 것으로 나타났다. 본 연구에서 적용된 방음벽만으로는 예측 소음도가 소음 환경기준을 초과하였으며, 방음벽의 높이가 높아져도 저감효과는 제한적으로 나타났다.(Table 4, Fig. 7)

Table 4. Comparison of predicted noise levels according to soundproof walls

(단위: dB(A))

구분	주간 시간대 (6:00~22:00)				야간 시간대 (22:00~6:00)			
	적용 전	1 m	2 m	3 m	적용 전	1 m	2 m	3 m
A-center	73.4	73.4 (-)	73.4 (-)	73.4 (-)	69.4	69.4 (-)	69.4 (-)	69.4 (-)
A-1'	72.8	72.4 (△0.4)	72.3 (△0.5)	72.2 (△0.6)	71.6	71.1 (△0.5)	71.1 (△0.5)	71 (△0.6)
A-2	71.5	71.1 (△0.4)	70.8 (△0.7)	70.7 (△0.8)	67.4	67.0 (△0.4)	66.7 (△0.7)	66.6 (△0.8)
A-3	67.0	67.0 (-)	67.0 (-)	67.0 (-)	62.5	62.5 (-)	62.5 (-)	62.5 (-)
A-4	70.5	70.5 (-)	70.4 (△0.1)	70.3 (△0.2)	66.4	66.3 (△0.1)	66.2 (△0.2)	66.2 (△0.2)
B-center	71.1	70.9 (△0.2)	70.8 (△0.3)	70.7 (△0.4)	67.7	67.5 (△0.2)	67.5 (△0.2)	67.4 (△0.3)
B-1	66.7	66.6 (△0.1)	66.6 (△0.1)	66.6 (△0.1)	61.1	61.0 (△0.1)	61.1 (-)	61.0 (△0.1)
B-2	73.1	72.9 (△0.2)	72.9 (△0.2)	72.9 (△0.2)	69.5	69.3 (△0.2)	69.3 (△0.2)	69.3 (△0.2)
B-3	68.1	68.1 (-)	68.1 (-)	68.1 (-)	63.2	63.2 (-)	63.1 (△0.1)	63.1 (△0.1)
B-4	72.9	72.7 (△0.2)	72.6 (△0.3)	72.6 (△0.3)	70.0	69.8 (△0.2)	69.8 (△0.2)	69.8 (△0.2)
C-center	72.4	72.3 (△0.1)	72.2 (△0.2)	72.2 (△0.2)	67.8	67.7 (△0.1)	67.6 (△0.2)	67.6 (△0.2)
C-1	67.1	66.5 (△0.6)	65.7 (△1.4)	65.5 (△1.6)	61.6	60.7 (△0.9)	59.6 (△2.0)	59.3 (△2.3)
C-2	71.9	71.7 (△0.2)	71.6 (△0.3)	71.6 (△0.3)	67.7	67.6 (△0.1)	67.5 (△0.2)	67.5 (△0.2)
C-3	68.8	68.2 (△0.6)	67.8 (△1.0)	67.6 (△1.2)	65.6	65.2 (△0.4)	64.9 (△0.7)	64.7 (△0.9)
D-center	71.0	70.9 (△0.1)	70.9 (△0.1)	70.9 (△0.1)	65.6	65.5 (△0.1)	65.5 (△0.1)	65.5 (△0.1)
D-1	68.6	68.5 (△0.1)	68.3 (△0.3)	68.3 (△0.3)	63.8	63.7 (△0.1)	63.5 (△0.3)	63.5 (△0.3)
D-2	67.2	67.1 (△0.1)	67.1 (△0.1)	67.1 (△0.1)	61.1	61.1 (-)	61.1 (-)	61.1 (-)
D-3	68.3	68.1 (△0.2)	68.0 (△0.3)	67.9 (△0.4)	63.2	63.0 (△0.2)	62.9 (△0.3)	62.8 (△0.4)
D-4	59.8	59.8 (-)	59.8 (-)	59.8 (-)	52.5	52.5 (-)	52.4 (△0.1)	52.4 (△0.1)

본 연구에서 저소음포장은 비배수성 저소음포장, 단층형 배수성 저소음포장, 복층형 배수성 저소음포장을 적용하였으며, 그 결과는 Table 5와 같다. 비배수성 저소음포장 적용 시 주간 시간대는 A-3지점, B-1지점, C-1지점, D-2지점에서 예측 소음도가 소음 환경 기준인 65 dB(A) 이내로 나타났고, 단층형 배수성 저소음포장 적용 시 B-3지점, C-3지점, D-1지점, D-3지점과 복층형 배수성 저소음포장 적용 시 A-2지점,

A-4지점, B-center지점, C-2지점, D-center지점이 추가적으로 소음 환경기준 이내로 예측되었다. 야간 시간대에서는 복층형 배수성 저소음포장 적용 시에 B-1지점, C-1지점, D-2지점이 밤 시간대 소음 환경기준인 55 dB(A)로 이내로 예측되었다.

Table 5. Comparison of predicted noise levels according to Low-noise pavement

(단위: dB(A))

구분	주간 시간대 (6:00~22:00)				야간 시간대 (22:00~6:00)			
	적용 전	비배수성	단층형 배수성	복층형 배수성	적용 전	비배수성	단층형 배수성	복층형 배수성
A-center	73.4	70.4	68.4	66.4	69.4	66.4	64.4	62.4
A-1'	72.8	69.8	67.8	65.8	71.6	68.6	66.6	64.6
A-2	71.5	68.5	66.5	64.5	67.4	64.4	62.4	60.4
A-3	67.0	64.0	62.0	60.0	62.5	59.5	57.5	55.5
A-4	70.5	67.5	65.5	63.5	66.4	63.4	61.4	59.4
B-center	71.1	68.1	66.1	64.1	67.7	64.7	62.7	60.7
B-1	66.7	63.7	61.7	59.7	61.1	58.1	56.1	54.1
B-2	73.1	70.1	68.1	66.1	69.5	66.5	64.5	62.5
B-3	68.1	65.1	63.1	61.1	63.2	60.2	58.2	56.2
B-4	72.9	69.9	67.9	65.9	70.0	67.0	65.0	63.0
C-center	72.4	69.4	67.4	65.4	67.8	64.8	62.8	60.8
C-1	67.1	64.1	62.1	60.1	61.6	58.6	56.6	54.6
C-2	71.9	68.9	66.9	64.9	67.7	64.7	62.7	60.7
C-3	68.8	65.8	63.8	61.8	65.6	62.6	60.6	58.6
D-center	71.0	68.0	66.0	64.0	65.6	62.6	60.6	58.6
D-1	68.6	65.6	63.6	61.6	63.8	60.8	58.8	56.8
D-2	67.2	64.2	62.2	60.2	61.1	58.1	56.1	54.1
D-3	68.3	65.3	63.3	61.3	63.2	60.2	58.2	56.2
D-4	59.8	56.8	54.8	52.8	52.5	49.5	47.5	45.5

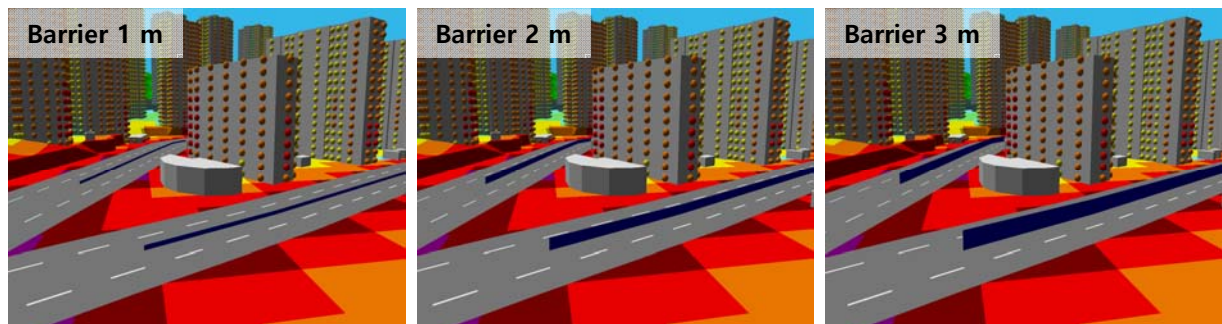


Fig. 7. Soundproof walls applied to noise prediction software

4. 결론

본 연구에서는 교차로 주변이 주거지역으로 지정되어 도로교통소음에 노출되기 쉬운 주요 4개 교차로에 대해 소음예측프로그램을 이용하여 각 교차로의 방면별 소음도를 예측하였고, 분석된 주·야간 시간대의 예측 소음도를 소음 환경기준과 비교하여 기준 초과지역에 대해서는 소음저감 방안을 적용하여 소음예측을 진행하였다.

1. 각 교차로의 소음예측 지점 중 교차로 중심 1개 지점과 방면 1개 지점을 선정하여 동일한 위치에서 실측소음도와 비교한 결과, 평균 오차 1.3 dB(A)로 예측 소음도와 실측 소음도가 유사하게 나타났으며, 1개 지점을 제외한 모든 지점의 주·야간 소음도가 3 dB(A) 이내의 차이이므로 예측 소음도는 신뢰할 수 있는 값으로 보인다.
2. 각 교차로의 중심 지점과 방면별 지점에서 소음도를 예측한 결과, 주간 평균 59.8 dB(A)~73.4 dB(A), 야간 평균 52.5 dB(A)~71.6 dB(A)의 범위로 예측되었다.
3. 예측된 소음도를 환경정책기본법에 따른 주거지역 중 도로변지역의 소음 환경기준과 비교하였을 때 D-4지점을 제외한 전 지점에서 낮·밤 시간대의 환경기준을 초과하는 것으로 예측되어 소음저감 방안이 필요한 것으로 보인다. 특히 소음 환경기준 대비 예측 소음도의 초과율을 보면 주간 시간대는 2.6%~12.9% 초과하는 것으로 나타나며, 야간 시간대는 11.1%~30.2% 초과하여 주간 시간대 소음도에 비해 야간 시간대 소음도가 기준을 크게 초과하는 것으로 예측되었다.
4. 방음벽을 도로의 중앙에 적용 시 1 m 방음벽은 최대 주간 0.6 dB(A)/야간 0.9 dB(A)의 저감효과가 있었으며, 2 m는 최대 주간 1.4 dB(A)/야간 2.0 dB(A), 3 m는 최대 주간 1.6 dB(A)/야간 2.3 dB(A)의 저감효과가 나타났다. 다만 본 연구에서 적용된 방음벽만으로는 예측소음도가 소음 환경기준을 초과하였으며, 방음벽의 높이가 높아져도 저감효과는 제한적으로 나타났다.
5. 저소음포장의 경우, 주간 시간대는 비배수성 저소음포장만으로도 일부 지점에서 환경기준 이내로 예측되었고, 복층형 배수성 저소음포장 적용 시 소음저감 방안을 적용한 총 18개 지점 중 13개 지점이

환경기준 이내로 나타났다. 야간 시간대는 복층형 배수성 저소음포장 적용 시에도 대부분 지점에서 환경기준을 초과하는 것으로 예측되어 추가적인 소음저감 방안이 필요할 것으로 보인다.

본 연구는 부산시의 지속적인 소음문제를 해결하기 위한 기초자료를 제공하고자 진행되었으며, 부산시 소음실태에 대해 실측을 통한 전수조사가 어렵기 때문에 4개 교차로에 대해 소음예측프로그램을 활용하여 대표적으로 소음예측을 진행하였고 예측 소음도에 대한 신뢰성을 검증하였다. 환경기준 초과지역에 대해 일부 소음저감 방안을 적용하였으나 도로교통소음의 특성상 소음저감 방안 적용이 제한되기 때문에 현실적으로 적용가능하며 효율적인 소음저감 방안을 찾을 수 있도록 다양한 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 환경부, 소음·진동관리법 제2조(정의), (2024).
2. 임경빈, “저소음 배수성 포장의 경제적 효과분석에 관한 연구 : 고속도로 사례분석 중심으로” [석사학위논문, 경기대학교], (2023).
3. 한국환경정책·평가연구원, 교통소음 관리기준의 합리화(일원화) 방안, (2019).
4. 한국은행, 부산·인천지역 물류산업의 현황 및 정책과제, (2022).
5. 조창근, “도로인접 아파트 단지의 교통소음 예측 및 저감방안”, 한국생활환경학회지, 21(5), 821-828. (2014).
6. 유선욱, “교통소음 예측모델링 및 소음저감을 위한 연구” [석사학위논문, 서울과학기술대학교], (2013).
7. 환경부, 소음·진동관리 종합계획(2021~2025), (2020).
8. 서진원, “도로교통소음예측식 RLS-90 및 RLS-19 비교 연구” [석사학위논문, 한국교통대학교], (2023).
9. 국토교통부, 주택건설기준 등에 관한 규정 제9조(소음방지대책의 수립), (2024).
10. 환경부, 환경정책기본법 시행령 [별표1] 환경기준 (제2조 관련), (2023).
11. 한국환경공단, 2023년도 환경소음측정망 운영결과, (2024).
12. 김지윤, 박인선, 정우홍, 강대준, 박상규, “소음지도 제작시 차량 분류방법이 소음도 예측 결과에 미치는 영향 연구”, 한국소음진동공학회논문집,

- 22(2), 193-197, (2012).
13. 윤제원, 김철환, 이웅용, 강혜진, 이주원, “고속도로 교통소음 평가를 위한 도로교통소음 예측모델의 인자분석 및 신뢰성 평가”, 대한환경공학회지, 44(8), 267-275, (2022).
 14. 김화일, 한경민, “부산시 도로교통소음의 3차원 소음지도제작에 관한 연구”, 환경정책연구, 6(1), 111-132, (2007).
 15. 정우홍, 박인선, 김지윤, 박상규, 강대준, “도로교통 소음지도 작성을 위한 소음예측식 비교 연구”, 한국소음진동공학회 학술대회논문집, (2007).
 16. 김재필, 김병삼, “소음지도 프로그램에 의한 도로교통 소음평가- 익산시를 중심으로 -”, 한국기계기술학회지, 23(3), 372-377, (2021).