

교통운영 개선을 통한 도로교통소음 저감 대안별 효과분석

An Analysis of Effect on Road Traffic Noise Reduction Substitute through Traffic Management Improved

김형철*, 정재훈*, 장승일*, 김흥만**
(Hyung-Chul Kim*, Jea-Hun Jeong*, Seung-Il Jang*, Heung-Man Kim**)

*경원대학교 도시계획학과, **오이타대학교 환경공학전공
(접수일자: 2008년 7월 3일; 수정일자: 2008년 9월 22일; 채택일자: 2008년 10월 21일)

급속한 도시인구의 증가와 교통량증가로 도로변 주거지역의 소음문제가 날로 심각해지고 있다. 본 연구에서는 도로교통량과 건축물의 위치와 형태를 고려한 소음수준을 평면적, 입체적으로 예측한다. 소음현황수준을 기초로 하여 소음원인 차량의 속도제어와 차종별 통행제한을 통한 변화치를 비교하여 개선방안을 도출하고자 한다. 분석결과 건물의 입체적분석보다 평면적 분석에서 소음환경기준치를 초과하는 면적의 비율이 높았고 주간보다 야간의 초과비율이 높게 나타났다. 개선방안은 하나의 방안을 실시했을 때보다 여러가지의 개선방안을 조합한 경우에 저감효과가 높게 나타났다.

핵심용어: 도로교통소음, 소음지도, 교통운영

투고분야: 소음 및 공력음향 분야 (10.4)

The noise problem became more serious by the rapid urban population growth and traffic. This study estimates the noise level considering actual traffic volume and building shape and location. Based on the state of the arts noise level, changing amount of noise that was controlled by the speed control and truck and passenger car restriction is calculated. Some conclusion is found out. The 2-D type more than 3-D type is more than over standard of noise pollution and night time's over rate is larger than day time. And in the case of various solutions are used instead of applying one solution, noise pollution is effectively reduced.

Keywords: Road traffic noise, Noise map, Traffic Management

ASK subject classification: Noise and Aeroacoustics (10.4)

I. 서론

우리나라는 급속한 산업발전과 경제성장으로 인하여 도시화가 급속히 진행되었고, 도시의 주거지역 공동주택 주거비율이 높아지기 시작하였다. 그리고 최근 공동주택에서 초고층 주거형태로 변하면서 인구의 고밀화가 두드러지게 나타나고 있다. 또한 경제적 능력의 향상에 힘입어 자동차에 의존하여 생활하고 있는 실정이다. 그러나 차량의 급속한 증가와 지속적인 차량의 운행으로 인한 도심 주거지역의 도로교통소음이 심각하게 대두되고 있다 [1].

최근 환경부 조사자료 [2]에 의하면 전 국민의 53%인 약 2,400만명이 도로변 도로교통소음에 노출되어 그 심각성은 날로 증가하여 정온한 환경에서 주거해야하는 국민의 기본권을 침해하는 양상으로 국민의 주거환경을 악화시키고 있는 상황이다. 또한 2005년 전국 29개도시 1,386개지점의 환경소음측정망 조사결과를 살펴보면, 도로변 지역내 주거지역의 경우 낮시간대 (소음환경기준 65 dB (A))는 서울 등 14개 도시에서 기준초과 (1~6 dB (A)), 밤시간대 (소음환경기준 55 dB (A))는 서울 등 18개 도시에서 기준을 초과 (1~11 dB (A))하는 것으로 파악되어 도로교통소음으로 인한 영향이 심각한 실정임을 알 수 있다.

우리나라의 자동차 등록대수는 2008년 1월 1650만대로 1985년 100만대 대비 약 16.5배 이상 증가되고 [3], 지속

책임저자: 김형철 (hyungkim@kyungwon.ac.kr)
461-701 경기도 성남시 수정구 복정동 산65 경원대학교 도시계획학과
(전화: 031-750-5277; 팩스: 031-750-5284)

적으로 증가하는 차량으로 인하여 장래에는 더욱 도로교통소음 피해자 수는 증가할 것이다. 또한 차량의 원활한 소통을 위한 도로 확충 및 신설로 도로교통소음의 피해를 받는 지역은 더욱 확대될 것이다. 이처럼 교통소음은 민원으로 인한 민감한 문제로서 김명용 (2004) [4], 고준희 (2005) [5]은 도로의 확충과 토지의 개발시 교통소음은 중요하게 고려되어야 한다고 하였다.

본 연구는 도로교통소음의 개선방안으로서 계획도시에 조성될 주거지역과 기존 주거지역에 모두 적용이 가능한 교통량과 속도 등 소음원 측면을 고려하였다. 실제 교통량과 실제 건축물만을 고려한 기본모델에 각 변수로 통과 차량의 속도 제어, 통과 차량별 교통량 제어로 설정하였다. 그리고 소음예측모델 「SoundPLAN」을 이용하여 예측한 값을 비교·분석하여 소음원 측면에서의 특성 파악 및 개선방안을 모색하고자 한다.

II. 이론적 고찰

2.1. 「SoundPLAN」의 개요

「SoundPLAN」은 도로, 철도, 산업시설, 항공기 등을 음원으로 사용하여 소음분포를 예측할 수 있는 소음예측 시뮬레이션 프로그램으로서 도시전체, 단일도로나 철도, 공항, 산업시설, 공장, 레저시설 등으로부터 가상의 소음 확산효과와 최적의 소음측정을 가능하게 한다.

「SoundPLAN」의 사용범위는 특정크기에 제한 없이, 최소 건물 내부에서부터 소음지도의 구축이 가능하다. 그리고 「SoundPLAN」의 분석방법은 Grid Noise Map (수평 분석 : Indoor/Outdoor), Cross Section Noise Map (수직 분석 : Indoor/Outdoor), Facade Noise Map (층별 소음도 분석), Digital ground map (등고선의 삼각좌표에 의거 거리를 계산), Single point 등이 있다 [6].

「SoundPLAN」은 소음에 관련된 다수의 소음원이나 방음시설, 수음점에 대해 고려가 가능하여, 보다 다양한 조건에서의 소음분포를 예측할 수 있다. 특히 수평·수직적인 예측이 가능하기 때문에, 본 연구에서 다루고자 하는 도로변 주거지역에 대한 도로교통 영향예측 및 분석이 가능한 것으로 판단되며, 오진우 (2005) [7], 고준희 (2006) [8]는 「SoundPLAN」을 사용하여 실측결과와 비교한 결과 1~2 dB (A)의 오차를 나타내어 비교적 정확하다고 검증을 하였다. 그리고 일본의 小野測器 [9]에서는 건설공사소음 예측의 결과 1 dB 이내의 정밀한 음향파워 레벨을 나타내어 현실의 재현성이 높다고 하였다. Noel

A. Morris [10]은 Queensland의 철도소음을 예측한 결과 ± 2 dB (A) 이내로서 교통수단의 소음이 잘 고려된 프로그램이라 하였다.

2.2. 선행연구 고찰

국내의 도로교통소음과 관련된 선행연구를 살펴보면, 1990년대에는 주로 현황조사 또는 설문조사 등을 통해 도로교통소음 영향을 파악하고 정책의 적합성 검토 또는 저감방안을 검토하는 방법으로 진행되었다. 김환길 (1995) [11]은 교통소음의 전파양상에 대한 조사연구를 시행하고, 소음 저감방안을 검토·분석하였다. 최형일 (1995) [12] 등은 도로변에 인접한 대단위 아파트 개발로 인한 인구 밀집지역의 소음도를 측정하고, 설문조사 등을 통해 도시교통소음의 기초자료로 활용하고자 하였다. 정선호 (1998) [13]는 지역여건과 현실성에 기초한 환경소음 기준치의 적합성 검토 및 새로운 기준안을 제시하였다.

2000년대 들어서는 소음모델링을 통한 예측결과를 정량적으로 제시하고 소음지도 등을 구축해 소음저감대책 정책수립에 기초자료로 활용할 수 있도록 하는 방향으로 진행되고 있다. 최정순 (2001) [14]은 도로의 교통량과 속도를 통해 소음도를 예측할 수 있는 수학적모델을 제시하였다. 박인선 (2003) [15]은 GIS를 이용하여 도로교통 소음지도를 구축하는 방법론을 제시하고 있다. 또한, 이시원 (2005) [16]등은 「SoundPLAN」을 이용하여 소음지도를 구축하고 환경영향평가시 활용하는 방안에 대한 연구와 고준희 (2006) 등은 소음지도를 이용한 도시 교통 소음 평가방법에 관한 연구한 바 있다. 김형철 (2007) [17] 등은 도로변 공동주택의 소음도를 「SoundPLAN」을 활용하여 평가하고, 배치형태에 따른 소음도를 분석하였다.

소음원 측면에서 개선방안으로 이용하는 사례로서 미국의 애리조나 (Arizona)와 캘리포니아 (California)에서는 고무아스팔트를 사용하여 교통소음을 저감하고 있다 [18]. 영국의 TRRL (Transport and Road Research Laboratory)에서는 과속방지턱으로 인한 교통량의 감소가 교통소음 저감에 효과가 있다고 평가하였으며, 일본의 경우 커뮤니티존의 사회실험을 통하여 속도의 감소는 교통소음에 효과가 있다는 결과가 나왔다 [19].

본 연구는 기존 연구에서 적용한 바 있는 예측식을 이용하여 도로교통소음의 평가에 있어서는 기존 연구와 비슷하나, 소음지도를 이용한 소음원 측면에서의 도로교통소음의 특성 파악 및 개선방안을 적용하여 공간적으로 비교·분석한 것이 차이이다.

III. 교통소음 개선방안의 평가

3.1. 대상지 개요

경기도 시흥시의 정왕동은 주거단지내의 배치와 형식이 다양하며, 도로 위계가 잘 갖추어져 있고, 주거지역 사이의 공공시설과 상업시설이 적절하게 혼합되어 있어 블록단위로 분석이 용이하여 대상지로 선정을 하였다.

실제 현황과 동일하게 구성하기 위해 교통량은 <그림 1>과 같이 각 블록의 교차로를 조사지점으로 하여 총 25 곳의 교차점에서 교통량 (소형 : 승용차 및 2.5 ton이하의 차량, 대형 : 소형을 제외한 전체 차량)을 2006년 11월에 조사를 하였으며, 각 블록 구간별 교통량을 구하기 위하여 40개의 구간에 대한 교통량으로 환산하였다. <그림 2>는 소음예측 지점과 조사지역의 Key Map으로서 정왕대로와 주변 도로를 중심으로 16개의 블록으로 나누어 구분하였다. 그리고 도로단과 층별 소음도를 예측한 N-1~N-4지점도 같이 나타내었다.

3.2. 소음지도 구축

시흥시의 소음지도 구축은 「SoundPLAN」을 이용하여 2차원적 평면을 나타내는 Grid Noise Map의 경우 지표면으로부터 높이가 1.5 m의 평면으로 1 m×1 m의 격자로 나누어 소음 분포를 나타낸 것이다. 그리고 건물의 높이에 따른 수직적인 소음분포를 알아보기 위해 건물 표면의 소음도를 나타내는 3D-Facade Noise Map를 이용하여 건물 벽면 앞 1 m의 소음레벨을 계산하였고, 1 m×1 m의 격자로 나누어 계산하였다. 소음도는 환경정책기준법의 평가방법에 따라 주·야간으로 구분하였고, 소음지도의 표시 방법은 KS A ISO 1996-2에 의한 방법에 따라 RGB 코드를 사용하여 35 dB (A)~85 dB (A)을 5 dB (A)간격으로 11단계로 나누어 표시하였다 [20].

3.3. 교통소음 개선방안

교통소음의 개선방안 중 소음원 측면에서의 대책으로는 소음을 발생시키는 차량의 제어와 노면의 제어로 구분 가능하다. 그리고 「SoundPLAN」의 입력 사항 중 소음원 측면에 직접적으로 영향을 미치는 변수로 교통량 (소형·대형), 속도가 있다. 따라서 본 연구에서 적용한 방안으로 차량의 제어로서 차량통행을 제한하는 방법과 통행속도를 제한하는 방법을 적용하고자 한다. 내용은 <표 2>와 같다.

첫 번째, 도로교통법 제6조에 의하여 차량의 통행을

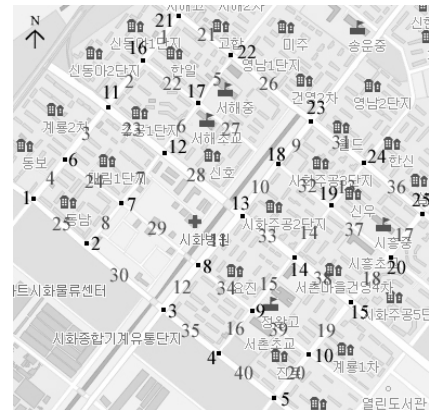


그림 1. 교통량 조사지점 (■:교차로)
Fig. 1. Traffic volume research point (■:Crossroads).

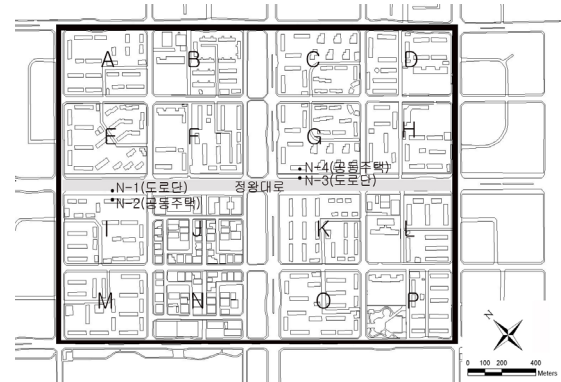


그림 2. 조사지역의 Key map
Fig. 2. Key map of research area.

표 1. 측정지점의 교통량 및 대형차량 혼합율
Table 1. Traffic volume and large vehicles mixture ratio.

지점	소형/대형	대형차량 혼합율	지점	소형/대형	대형차량 혼합율
1	3364/1732	34.0%	21	12036/1980	14.1%
2	6332/273	4.1%	22	1064/155	12.7%
3	15192/1223	7.4%	23	18532/2192	10.6%
4	4496/432	8.8%	24	3540/190	5.1%
5	9856/2156	17.9%	25	6212/816	11.6%
6	1492/912	37.9%	26	17636/2540	12.6%
7	3760/343	8.4%	27	690/52	7.0%
8	5156/592	10.3%	28	31152/3208	9.3%
9	1868/1868	10.5%	29	4880/140	2.8%
10	4736/1404	22.9%	30	8492/538	6.0%
11	6904/1820	20.9%	31	22152/2640	10.6%
12	4500/96	2.1%	32	1064/389	26.7%
13	18768/1168	5.9%	33	38292/4212	9.9%
14	5364/756	12.4%	34	3304/87	2.6%
15	11384/1704	13.0%	35	8416/498	5.6%
16	3148/1356	30.1%	36	29604/2488	7.8%
17	5032/87	1.7%	37	1856/155	7.7%
18	8964/656	6.8%	38	35080/4216	10.7%
19	1888/87	4.4%	39	4172/330	7.3%
20	4880/122	2.4%	40	8888/497	5.3%

표 2. 소음 개선방안 적용사항
Table 2. Improvement plan application.

구분	적용항목	적용내용
Type 1	-	-
Type 2	대형차	대형차 10%만 운행 (90%감소)
Type 3	소형차	소형차 80%만 운행 (20%감소)
Type 4	차량속도	속도 10 km 감속
Type 5	Type 2,3,4 적용	Type 2,3,4 적용

제한 할 수 있는 법적 근거에 따라 대형차량 중 주거지역을 통과하는 화물차량을 통행금지를 하고 대중교통수단인 버스와 통학버스, 통근버스의 통행만 고려하여 대형차량의 10%만 통행하는 조건으로 가정하였다. 두 번째, 최근 관공서를 중심으로 시행 중인 승용차요일제가 100% 운영된다는 전제하에 통행량의 80%가 통행하게 되는 조건이다. 세 번째, 실제 평균속도의 측정 결과 제한속도보다 10~20 km/h 감속되어 운행되는 것으로 나타났다. 그래서 동일한 교통량인 경우 규제속도에 의하여 영향을 받기 때문에 동일한 교통량으로 고정시킨 후 속도규제에 따라 운행속도가 감소되는 것에서 착안하여 운행차량의 평균속도를 10 km/h를 감소시키는 조건으로 하였다. 마지막으로 위의 3가지 조건을 전부 고려한 경우로 총 4가지의 개선방안으로 구분하였다.

주변 시설물에 의한 소음감소의 영향을 배제하기 위해 녹지와 방음시설은 제외하였다. 그리고 소음모델링시 계산 픽셀의 크기는 1m×1m, 그리드 맵의 소음도별 면적비율의 샘플링 개수는 41,203개, 파사드 맵의 소음도별 면적비율의 샘플링 개수는 240,914개를 취하였다.

그리고 개선방안별 저감효과를 구체적으로 살펴보기 위해 도로단 및 공동주택 2개동을 선정하였다. 2개동 선정시 공동주택은 도로와 평형배치를 이루고 소음대책지역 중 대표성을 띠는 지점을 고려·선정하였다.

3.4. Grid Noise Map의 결과

소음모델링을 이용한 그리드 맵의 결과는 <그림 3>과 같으며, 주간 분석결과는 <표 3>과 같다. 주간 소음환경기준을 Type 1은 약 28.31% 초과하고 있는 것으로 나타났다. 개선방안을 적용한 후 주간 소음환경기준 초과비율은 Type 2는 18.21%, Type 3은 27.48%, Type 4는 24.31%를 나타낼 것으로 예측되어 Type 2에 의한 소음저감효과가 가장 높은 것으로 나타났다. 한편, Type 5의 소음환경기준 초과비율은 12.46%로서 Type 1 대비 약 56.0%의

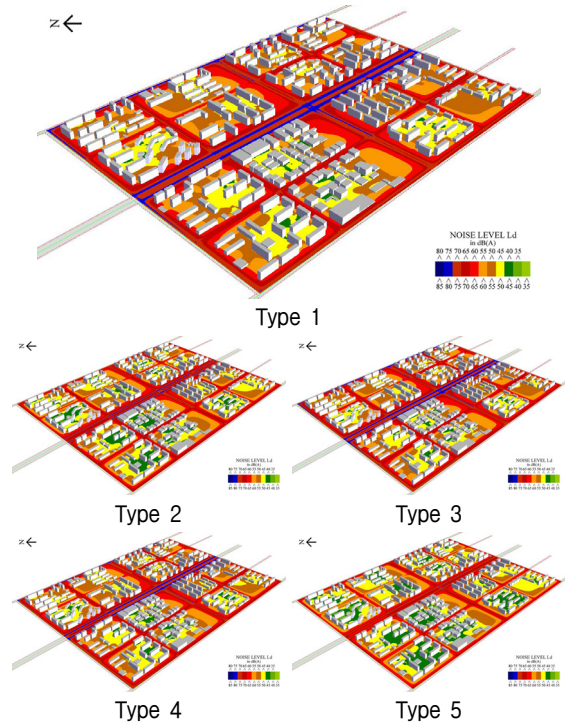


그림 3. 개선대책별 Grid Noise Map의 결과 (주간)
Fig. 3. Result of Grid Noise Map (Day).

표 3. 주간 결과 (기준:65 dB (A)) 단위: dB (A),%
Table 3. Result of Grid Noise Map (Day). unit: dB (A),%

레벨	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
~35	0.99	1.29	1.00	1.04	1.68
35~40	0.62	1.47	0.65	0.80	3.47
40~45	2.79	9.95	3.33	4.98	15.06
45~50	13.03	20.20	13.65	15.77	22.07
50~55	21.18	18.82	21.51	21.55	16.09
55~60	17.42	15.35	17.09	16.60	15.39
60~65	15.68	14.71	15.30	14.95	13.79
65~70	13.64	12.80	14.32	13.26	9.63
70~75	10.88	4.22	9.67	8.49	2.35
75~80	2.82	1.20	2.69	2.24	0.49
80~85	0.96	0	0.79	0.32	0
초과비율	28.31	18.21	27.48	24.31	12.46
감소비율	-	10.10	0.83	4.00	15.85

소음환경기준을 초과하는 영역 면적이 감소하는 것으로 나타났다.

야간 분석결과 <표 4>를 살펴보면, 야간 소음환경기준을 Type 1은 약 35.99% 초과하고 있는 것으로 나타나 주간에 비해 야간 시간대에 기준을 초과하는 지역이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 야간 소음환경기준 초과비율은 Type 2는 29.64%, Type 3은 34.63%, Type 4는 31.91%를 나타낼 것으로 예측되어 Type 2가 소음저감효

표 4. 야간 결과 (기준:55 dB (A)) 단위: dB (A),%
Table 4. Result of Grid Noise Map (Night). unit: dB (A),%

레벨	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
~35	2.19	3.8	2.37	2.97	7.4
35~40	7.15	12.94	8.21	10.6	17.54
40~45	18.24	21.86	19.05	20.64	21.04
45~50	20.58	16.64	20	18.28	15.47
50~55	15.86	15.12	15.74	15.61	15.54
55~60	14.54	15.36	14.39	14.99	14.51
60~65	14.35	11.09	14	12.17	6.98
65~70	5.74	2.55	5.02	3.61	1.5
70~75	1.36	0.64	1.22	1.14	0
75~80	0	0	0	0	0
80~85	0	0	0	0	0
초과비율	35.99	29.64	34.63	31.91	23.00
감소비율	-	6.35	1.36	4.08	12.99

과가 가장 높은 것으로 나타났다. 한편, Type 5의 소음환경기준 초과비율은 23.00%로서 Type 1 대비 약 36.1%의 소음환경기준을 초과하는 영역 면적이 감소하는 것으로 나타났다.

3.5. 3D-Facade Noise Map의 결과

소음모델링을 이용한 파사드 맵 결과는 <그림 4>와 같으며, 주간 분석결과는 <표 5>와 같다. 소음환경기준을

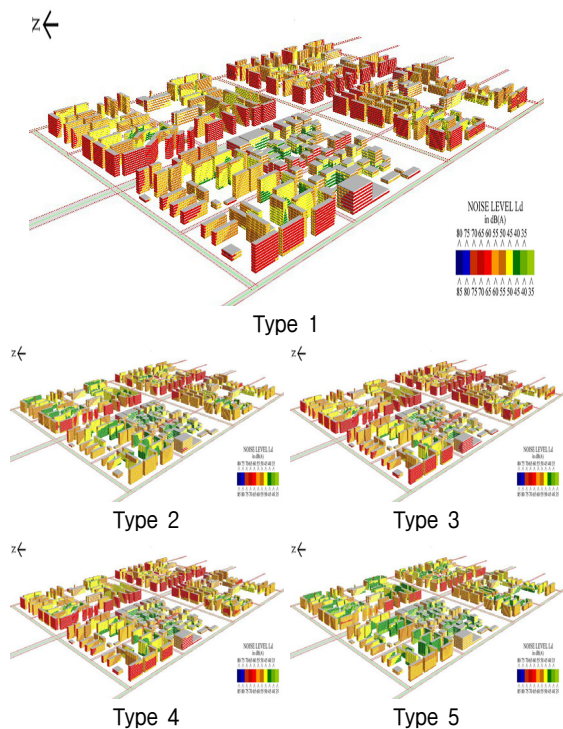


그림 4. 개선대안별 Facade Noise Map의 결과 (야간)
Fig. 4. Result of Facade Noise Map (Night).

Type 1은 약 8.75% 초과하고 있는 것으로 나타났으며, 개선방안을 적용한 후 주간 소음환경기준 초과비율은 Type 2는 1.95%, Type 3은 6.64%, Type 4는 4.16%으로 예측되어 Type 2를 적용한 개선방안이 소음 저감효과가 가장 높은 것으로 나타났다. 한편, Type 5의 소음환경기준 초과비율은 0%로서 전체가 소음환경기준을 만족하는 것으로 나타났다.

야간의 결과는 <표 6>을 살펴보면, 야간 소음환경기준을 Type 1은 약 14.54% 초과하고 있는 것으로 나타나 주간에 비해 야간 시간대에 기준을 초과하는 영역이 상대적으로 높은 것으로 나타났으며, 야간 소음환경기준 초과비율은 Type 2는 7.43%, Type 3은 12.69%, Type 4는 10.05%으로 예측되어 Type 2와 같은 대형차량의 감소에

표 5. 주간 결과 (기준:65 dB (A)) 단위: dB (A),%
Table 5. Result of Facade Noise Map (Day). unit: dB (A),%

레벨	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
~35	0.08	0.48	0.12	0.20	1.14
35~40	0.70	2.94	0.98	1.29	7.37
40~45	4.45	16.30	6.54	9.12	23.10
45~50	19.02	26.82	21.28	23.96	27.11
50~55	27.60	23.30	27.26	26.16	20.14
55~60	22.38	19.40	21.49	20.94	16.58
60~65	17.01	8.81	15.69	14.17	4.55
65~70	8.73	1.95	6.63	4.16	-
70~75	0.02	-	0.01	-	-
75~80	-	-	-	-	-
80~85	-	-	-	-	-
초과비율	8.75	1.95	6.64	4.16	0
감소비율	-	6.80	2.11	4.59	8.75

표 6. 야간 결과 (기준:55 dB (A)) 단위: dB (A),%
Table 6. Result of Facade Noise Map (Night). unit: dB (A),%

레벨	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
~35	1.92	4.75	2.33	3.35	10.76
35~40	11.28	19.04	12.80	16.03	25.01
40~45	25.53	27.81	26.23	27.35	25.98
45~50	25.41	22.09	24.69	23.22	20.29
50~55	21.33	18.87	21.26	20.00	15.18
55~60	12.10	7.39	10.74	9.44	2.78
60~65	2.43	0.04	1.95	0.61	-
65~70	-	-	-	-	-
70~75	-	-	-	-	-
75~80	-	-	-	-	-
80~85	-	-	-	-	-
초과비율	14.54	7.43	12.69	10.05	2.78
감소비율	-	7.11	1.85	4.49	11.79

의해 소음 저감효과가 가장 높은 것으로 나타났다. 한편, Type 5의 소음환경기준 초과비율은 2.78%로서 Type 1 대비 약 11.59%의 소음환경기준을 초과하는 영역의 면적이 감소하는 것으로 나타났다.

3.6. 도로단, 층별 소음도의 결과

소음원 방안별 저감효과를 구체적으로 살펴보기 위해 도로단 및 공동주택의 층별 소음도를 모델링한 주간 결과는 <표 7>과 같다.

Type 1의 소음도는 N-1지점 73.0 dB (A), N-2지점 64.2~66.7 dB (A), N-3지점 77.1 dB (A), N-4지점 67.0~69.5 dB (A)이다. 개선방안 중 Type 2의 저감 소음도는 N-1지점 4.1 dB (A), N-2지점 4.0~4.1 dB (A), N-3지점 3.9 dB (A), N-4지점 3.8~3.9 dB (A)이다. Type 3의 저감 소음도는 N-1지점 0.2 dB (A), N-2지점 0.2~0.3 dB (A), N-3지점 0.3 dB (A), N-4지점 0.3~0.4 dB (A)로 나타났다. Type 4의 저감 소음도는 N-1지점 1.2 dB (A), N-2지점 1.2~1.3 dB (A), N-3지점 1.2 dB (A), N-4지점 1.2~1.3 dB (A)로 예측되어 Type 2의 소음 저감효율이 가장 높은 것으로 나타났다. 한편, Type 5의

소음도는 N-1지점 66.8 dB (A), N-2지점 58.0~60.5 dB (A), N-3지점 71.1 dB (A), N-4지점 61.0~63.5 dB (A)로 예측되었으며, 주거지역 중 도로변지역 소음환경기준을 만족하는 것으로 나타났다.

야간결과를 <표 8>을 살펴보면, Type 1의 소음도는 N-1지점 64.9 dB (A), N-2지점 56.1~58.6 dB (A), N-3지점 69.0 dB (A), N-4지점 58.9~61.4 dB (A)이다. 개선 방안 중 Type 2의 저감 소음도는 N-1지점 2.6 dB (A), N-2지점 2.6~2.7 dB (A), N-3지점 2.5 dB (A), N-4지점 2.4~2.5 dB (A)이다. Type 3의 저감 소음도는 N-1지점 0.4 dB (A), N-2지점 0.4~0.5 dB (A), N-3지점 0.5 dB (A), N-4지점 0.4~0.6 dB (A)이다. Type 4의 저감 소음도는 N-1지점 1.2 dB (A), N-2지점 1.2~1.3 dB (A), N-3지점 1.3 dB (A), N-4지점 1.2~1.3 dB (A)로 예측되어 주간시간대와 마찬가지로 Type 2의 소음 저감효율이 가장 높은 것으로 나타났다. 한편, Type 5의 소음도는 N-1지점 60.1 dB (A), N-2지점 51.3~53.8 dB (A), N-3지점 64.3 dB (A), N-4지점 54.2~56.7 dB (A)로 예측되었으며, 도로변지역 소음환경기준을 공동주택 일부 층에서 소폭 초과하지만 전반적으로 기준 이하를 만족하는

표 7. 주간 층별 소음 저감효과 비교
Table 7. Comparing the noise reduction effects floor (Day).

구분 (dB (A))	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	
N-1 도로단	73.0	68.9	72.8	71.8	66.8	
N-2	1층	64.2	60.2	64.0	63.0	58.0
	2층	65.7	61.6	65.4	64.5	59.5
	3층	66.3	62.2	66.0	65.0	60.1
	4층	66.5	62.4	66.2	65.2	60.3
	5층	66.7	62.6	66.4	65.4	60.5
	6층	66.7	62.6	66.4	65.4	60.5
	7층	66.7	62.6	66.4	65.4	60.5
	8층	66.6	62.5	66.3	65.3	60.4
	9층	66.5	62.4	66.2	65.2	60.3
	10층	66.4	62.3	66.1	65.1	60.2
N-3 도로단	77.1	73.2	76.8	75.9	71.1	
N-4	1층	67.0	63.1	66.7	65.7	61.0
	2층	68.6	64.7	68.2	67.3	62.5
	3층	69.1	65.2	68.8	67.8	63.1
	4층	69.3	65.4	69.0	68.1	63.3
	5층	69.5	65.6	69.2	68.2	63.5
	6층	69.5	65.6	69.2	68.2	63.5
	7층	69.4	65.6	69.1	68.2	63.4
	8층	69.4	65.5	69.0	68.1	63.4
	9층	69.2	65.4	68.9	68.0	63.2
	10층	69.1	65.2	68.8	67.8	63.1

표 8. 야간 층별 소음 저감효과 비교
Table 8. Comparing the noise reduction effects floor (Night).

구분 (dB (A))	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	
N-1 도로단	64.9	62.3	64.5	63.7	60.1	
N-2	1층	56.1	53.5	55.7	54.9	51.3
	2층	57.6	55.0	57.2	56.3	52.8
	3층	58.2	55.5	57.7	56.9	53.3
	4층	58.4	55.8	57.9	57.1	53.6
	5층	58.6	55.9	58.1	57.3	53.7
	6층	58.6	56.0	58.1	57.3	53.8
	7층	58.6	55.9	58.1	57.3	53.7
	8층	58.5	55.9	58.0	57.2	53.7
	9층	58.4	55.8	58.0	57.1	53.6
	10층	58.3	55.7	57.9	57.0	53.5
N-3 도로단	69.0	66.5	68.5	67.7	64.3	
N-4	1층	58.9	56.4	58.4	57.6	54.2
	2층	60.5	58.0	60.0	59.2	55.8
	3층	61.0	58.5	60.5	59.7	56.3
	4층	61.2	58.7	60.8	59.9	56.5
	5층	61.4	58.9	60.9	60.1	56.7
	6층	61.4	58.9	60.9	60.1	56.7
	7층	61.3	58.9	60.9	60.1	56.7
	8층	61.3	58.8	60.8	60.0	56.6
	9층	61.1	58.7	60.7	59.9	56.5
	10층	61.0	58.5	60.5	59.7	56.3

양호한 소음도를 나타낼 것으로 예측되었다. 또한 소음은 거리가 멀어질수록 거리 감쇠효과로 소음도가 감소하지만, 도로변에 위치한 건축물이 반사판 역할을 하여 반사음의 영향으로 1층보다 4~6층으로 갈수록 소음도가 증가하는 경향이 나타나는 것으로 생각된다.

V. 결론

도로교통소음과 관련하여 여러 예측식과 프로그램에 대한 연구는 수행되었으나, 구체적으로 소음지도를 이용한 평가나 개선방안에 관한 연구는 수행되지 않았다. 그리고 기존의 연구는 평면적인 개념에서의 접근을 주로 하여, 수직적 및 공간적으로 도로교통소음을 분석한 사례가 드물었고, 소음원에 대한 구체적인 연구가 미비하였다.

본 연구는 도시지역 도로교통소음에 의한 주거지역에서의 영향을 최소화하기 위하여 소음원 방안과 관련하여 개선방안별 모델링을 실시하고 실제 수음자측에서의 소음저감효과 즉 평면, 수직에서의 도로교통소음 영향을 살펴보았다.

연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 개선방안의 적용 결과 Type 2는 주간평균 4.0 dB (A), 야간평균 2.6 dB (A), Type 3은 주간평균 0.3 dB (A), 야간평균 0.5 dB (A), Type 4는 주간평균 1.2 dB (A), 야간평균 1.3 dB (A) 감소하는 것으로 예측되어, 소음원 대책 중 Type 2가 소음 저감효과가 가장 큰 것으로 나타났다.

둘째, 소음환경기준을 초과하는 영역은 공간적 분포보다는 평면적인 분포의 비율이 높았고, 특히 Type 5경우 공간적으로는 소음환경기준을 만족하였다.

셋째, 야간의 소음환경기준 초과비율이 주간보다 높았으며, 야간 도로교통소음을 저감시킬 수 있는 방안이 필요할 것으로 생각된다.

넷째, 저층부보다는 고층부의 소음도가 2.1~2.21 dB (A) 정도 높게 나타났다.

다섯째, 4가지의 개선방안별 결과에서 보듯이 하나의 개선방안이 가지는 효율보다는 여러 가지의 방안을 조합을 한 경우의 저감효과가 가장 큰 것으로 나타났다.

위 결과로부터 대형차량을 주거지역내 도로의 통행 제한 할 경우 큰 효과를 거둘 것으로 보이며, 원활한 소통이 문제가 발생하지 않는 범위내에서 차량의 속도를 감속시

킬 수 있는 규제나 물리적 장치가 필요할 것으로 보인다. 또한 현재 우리나라에서 시행중인 승용차요일제는 개선방안 중 저감효과가 낮은 것으로 나타나 보다 강력한 규제를 통한 승용차의 운행을 제한 할 필요가 있을 것으로 생각된다.

그리고 향후 연구로는 소음원 측면뿐만 아니라 전달경로, 수음자 측면에서의 개선방안에 대한 연구가 이루어져야 한다. 그리고 지역적인 특이성, 사회·경제적인 여건 등에 의해 실제 도시지역내에서의 소음도 분포는 모델링 결과와는 상이한 결과로 나타날 수도 있기에 보다 다양한 모델링과 실제조사와의 비교 연구가 필요할 것이다.

감사의 글

본 연구는 시흥환경기술개발센터의 2008년 연구개발 사업과제의 일환으로 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

참고 문헌

- 오양기, 김하근, 이원역, "방음터널 단면형상에 따른 소음저감 예측 및 특성 평가," 대한건축학회 논문집, 20(8), 181-188, 2004.
- 환경부, 보도자료, "2006년도 생활소음측정망 운영결과," 2007.
- 국가통계포털, "자동차 등록 현황," 2008.
- 김명용, "도로교통소음 관련법제의 개선방안," 한국법제연구원, 11-12, 2004.
- 고준희, 장서일, 이승일, 이창호, "도시계획에서 소음지도 활용 방안 연구," 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, 905-910, 2005.
- Braunstein+B Berndt GmbH, "SoundPLAN User's Manual," SoundPLAN LLC, 63-230, 2005.
- 오진우, "국내의 소음지도 제작과 활용에 관한 연구," 서울시립대 석사학위논문, 8-18, 2005.
- 고준희, 박수진, 장서일, 임재석, 이병찬, "소음지도를 이용한 도시 교통 소음 평가방법에 관한 연구," 한국소음진동공학회, 추계 학술대회 논문집, 48-53, 2006.
- 小野測器, "SoundPLANによる予測結果と騒音測定結果の対応-建設工事騒音予測手法『ASJ CN-Model 2002』-, 2002.
- Morris, Noel A, "Queensland Rail - An example in effective noise mapping and noise control implementation for existing rail operations," Environmental Expert, 2007.
- 김환길, "도로교통소음에 관한 실태 및 저감방안 연구," 경기대 석사학위논문, 1-10, 1995.
- 최형일, "도로변 인구밀집지역의 교통 소음에 관한 연구," 조선대 환경공해연구12, 1-7, 1995.
- 정선호, "도시지역 도로교통소음의 적정기준에 관한 연구," 조선대 박사학위논문, 1-5, 1997.
- 최정순, "도로교통소음의 수학적 예측과 소음공간의 오염도분석," 울산대 석사학위논문, 3-5, 2001.
- 박인선, "GIS를 이용한 환경소음지도 개발 연구," 연세대 석사학

- 위논문, 27-37, 2003.
16. 이시원, 박영민, 최진권, 장서일, "도심지 재개발사업 환경영향평가시 소음지도 적용방안에 관한 연구," 한국소음진동공학회, 15(11) 통권 제104호, 1311-1317, 2005.
 17. 김형철, 권우택, 정재훈, "소음지도 시뮬레이션을 이용한 도로교통소음 개선방안 연구," 한국음향학회지, 26(7), 207-213, 2007.
 18. Doug Hanson, "Southeast Superpave Center Develops Noise Trailer for Arizona DOT," National Center for Asphalt Technology, 1-2, 2002.
 19. 일본교통공학연구회, "コミュニティ・ゾンの評価と今後の地区交通安全-交通事故半減のヒントと商業系地区への展開-", 44-47, 2004.
 20. 국가표준종합정보센터, "KS A ISO 1996-2 ; 음향-환경 소음의 표시 및 측정방법-제2부 : 적절한 토지 이용을 위한 음향데이터의 수집," 2004.

저자 약력

•김 형 철 (Hyung-Chul Kim)



1954년 7월 21일생
 1980년: 연세대학교 건축공학과 (공학사)
 1982년: 연세대학교 도시계획전공 (공학석사)
 1987년: 연세대학교 도시계획전공 (공학박사)
 1985년 3월~현재: 경원대학교 도시 계획학과 교수

•정 재 훈 (Jea-Hun Jeong)



1976년 3월 1일생
 2002년: 밀양대학교 건축공학과 (공학사)
 2006년: 일본 오이타대학교 복지환경공학전공 (공학석사)
 2007년~현재: 경원대학교 도시계획학과 박사과정

•장 승 일 (Seung-II Jang)



1978년 5월 30일생
 2005년: 경원대학교 도시계획학과 (공학사)
 2007년: 경원대학교 도시계획학과 교통계획전공 (공학석사)
 2007년~현재: 경원대학교 도시계획학과 박사과정

•김 흥 만 (Heung-Man Kim)



1973년 1월 10일생
 2000년: 밀양대학교 건축공학과 (공학사)
 2006년: 일본 오이타대학교 건설공학전공 (공학석사)
 2006년~현재: 일본 오이타대학교 환경공학전공 박사과정