

올림픽도로에 인접한 병원건물에서 내외부 소음특성과 그 영향에 관한 연구

Indoor and Outdoor Noise Characteristics and Impact on the Hospital Building by Olympic Expressway

조 창 근,* 손 장 열**

(Chang Geun Cho*, Jang Yeul Sohn**)

요 약

본 연구는 올림픽도로에 인접한 병원건물의 내외부에서 교통소음을 동시에 측정하여 대상 병원건물에서의 교통소음 특성과 그 소음이 병원건물에 미치는 영향을 파악하고 소음방지 대책의 수립에 필요한 기초자료를 제시한다.

본 연구에서는 올림픽도로에서 발생하는 교통소음의 변동 및 분포특성, 주파수특성, 도로교통소음으로 인한 건물실내의 소음도를 파악하였으며, 실내에서의 소음도는 ISO의 권장치를 초과하는 것으로 나타나 소음저감 대책이 필요한 것을 알 수 있었다. 본 연구는 도로주변에서의 특정건물에 대한 연구이나, 그외 건물의 소음방지대책에도 참고가 될 수 있을 것으로 사료된다.

ABSTRACT

This study is to evaluate the characteristics and impact of traffic noise on the hospital by Olympic Expressway and provide the basic data for noise control strategy. The traffic noise levels were measured at Olympic Expressway and in the hospital building simultaneously.

The results of this study show the characteristics of fluctuation, distribution and frequency of the traffic noise from Olympic Expressway. Indoor NR of the hospital was higher than that of ISO recommendation by the traffic noise.

And, it is thought to be required noise reduction against the outdoor traffic noise to maintain an acceptable noise level in the hospital.

I. 서 론

도시의 과밀현상, 경제성장 등에 따른 급격한 교통량의 증대로 인하여 건물내의 음환경에 영향을 미치

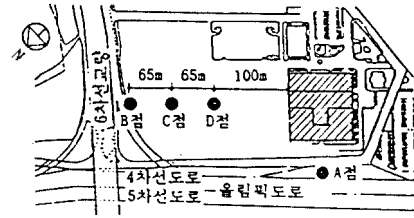
는 도로교통소음 문제가 증가하고 있다.¹⁾²⁾³⁾ 이러한 소음공해는 건물내 재실자에게 정신적, 육체적으로 영향을 미쳐 대화방해, 수면방해, 휴식방해 등을 일으키고, 조용한 환경을 필요로 하는 병원건물 내의 재실자들에게는 더욱 심각한 영향을 미칠 수 있다.⁴⁾

* 정희원, 한양대 대학원, 박사과정

** 정희원, 한양대 건축학과 교수, 공학박사

접수일자 : 1993년 2월 7일

을 수립하기 위해서는 올림픽도로나에서 발생하는 교통소음의 특성과 소음전달에 의한 영향과악이 우선되어야 한다. 본 연구에서는 서울시의 올림픽도로에 인접한 병원건물의 내외부에서 교통소음을 동시에 측정하여 도로교통소음의 특성과 소음전달에 의해 병원건물에 미치는 영향을 파악하고, 소음방지 대책을 수립하기 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

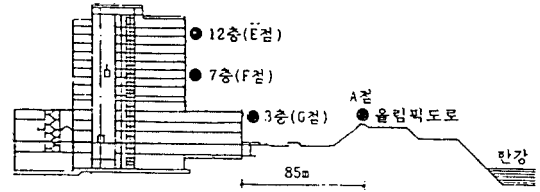


(a) 배치도

II. 소음의 평가방법

도로교통소음의 평가를 위하여 국제표준화기구(ISO: International Organization for Standardization)와 국내 환경정책 기본법(시행령 제 2 조)에서 채택하고 있는 등가소음레벨(L_{Aeq,T}, Equivalent Continuous A-weighted Sound Pressure Level)을 이용하였다. 또한, 변동소음을 적절히 표시하기 위한 통계적 평가값으로서 퍼센타일레벨(L_x, Percentile Level)⁽⁶⁾, 교통소음의 변동크기에 대한 효과값 고려한 평가척도로서는 교통 소음지수(TNI, Traffic Noise Index)⁽⁷⁾를 사용하였다.

실내에서의 소음레벨은 ISO에서 제안한 NRN(Noise Rating Number)⁽⁸⁾을 이용하여 평가하였다.



(b) 종단면도

그림 1. 측정대상건물의 소음측정점

III. 측정개요

3.1 측정대상 건물의 개요

올림픽도로나에서 발생하는 교통소음이 병원건물에 미치는 영향을 파악하기 위하여 서울시의 올림픽도로변에 위치한 지하 3층, 지상 13층 규모의 RC조 병원건물을 측정대상으로 선정하였다. <표 1>에 대상건물의 개요를 나타낸다. [그림 1]은 대상건물의 배치도와 종단면도에 소음측정점을 나타낸 것이며, [그림 2]는 창호의 단면도를 나타낸 것이다.

표 1. 건물개요

구분	개요
건축면적	13,521.1m ² (4,090.13평)
연면적	129,273.98m ² (39,105.38평)
규모	지하 3층 지상 13층(병원동) (최고높이: 57.9m)
병상수	1,000병상
장면적비	18%
구조	철근콘크리트조
외장재료	P.C판 위 외장용 자기실 타일

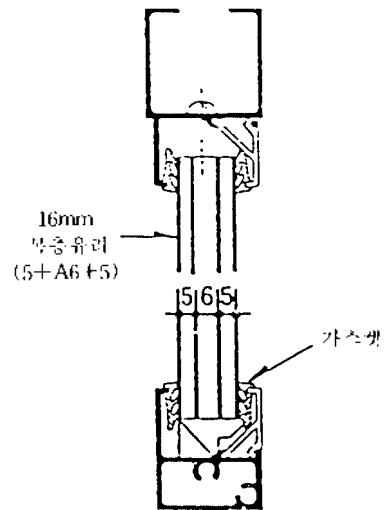


그림 2. 창호의 단면도

3.2 측정항목 및 방법

측정항목은 도로교통소음, 교통량 및 차량의 주행속도로 하였으며 각 항목에 대하여 매시간(10분간)으로 24시간동안 동시에 측정하였다. 도로교통소음의 건물외부 측정점은 [그림 1]과 같이 올림픽도로 및 교량진입로 부근의 도로측단(A, B점)을 선정하였으며, 도로로부터 이격거리별로 소음레벨의 변화

량을 비교하기 위한 측정점은 B, C, D점으로 하였다. 측정시에 소음계는 지면으로부터 1.5m 높이의 삼각대 위에 설치하고, 소음계의 마이크로폰을 소음원의 방향으로 향하게 설치하였다. 실내의 측정점은 울림피도로에 면한 12층(E점), 7층(F점), 3층(G점)의 실 중앙으로 하고, 바닥으로부터 1.2m 높이에 소음계를 설치하고 창외 개폐시에 각각 측정하였다.

측정시 소음계의 동특성은 「FAST」 반응으로 고정하였으며, 청감보정회로(Weighting Network)는 A특성에 의해 보정된 측정치를 이용하였다. 소음측정 및 분석장치는 정밀소음계(B&K Type 2209, RION NL-11), DAT Recorder(Technics SV 260A), Signal Analyzer Unit(B & K Type 2035)등을 이용하였다. 소음측정 및 분석장치의 구성은<그림 3>과 같다.

교통량 및 차량의 주행속도는 소형(승용차 및 2.5t 미만의 차량), 대형(버스 및 2.5t 이상의 차량)으로 구분하고, 소음측정과 동시에 Video Camera와 계수기를 이용하여 측정한 후, 1시간 단위로 환산하였다. 차량의 평균 주행속도는 Speed Gun을 이용하여 수회 반복 측정 후 산술평균하여 산출하였다. <표 2>에 교통량과 주행속도의 측정점 및 측정기기를 나타낸다.

표 2. 교통량과 주행속도의 측정점 및 측정기기

측정항목	측정점	측정기기
교통량	울림피도로 측단(A점) 교량진입로측 도로측단(B점)	· Video Camera (SONY, TR-705) · 계수기 (TOHO, Type TM)
주행속도	"	· Speed Gun (TRI-BAR)

IV. 측정결과 분석 및 고찰

4.1 도로교통소음 및 교통상황

대상건물 주위 도로측단(A,B점)에서의 소음도 및 교통상황은 <표 3>과 같다. 도로측단 A점에서 1일 중 등가소음레벨(L_{eq})은 주간(82.7dB(A)), 야간에 80.3dB(A)로서 서울시내 평탄한 간선도로의 주간의 등가소음레벨 59~79dB(A)³⁾보다 높은 것으로 나타났다. 변동소음에 대한 암소음레벨로 간주 할 수 있는 90%시간음레벨(L₉₀)도 등가소음레벨과 마찬가지로 야간보다 주간에 더 높게 나타났으나, 교통소음지수(TNI)는 오히려 야간에 100.5dB(A)로서 주간의 84.3dB(A)보다 높아 소음레벨의 변동폭은 야간에 더 크게 나타나고 있다. 교통소음지수는 교통소음에 대하여 주관적인 불만족도와 높은 상관성을 갖고 있어³⁹⁾ 대상 병원건물의 새실자들에게 야간에도 영향을 미칠 수 있음을 보여주고 있다.

<표 3>에서 알 수 있는 바와 같이 교통량 및 차량의 주행속도에 의해 주간(82.7dB(A))에서 소음레벨이 B점(79.6dB(A))에서보다 더 높게 나타나 대상건물 주위의 교량보다는 울림피도로의 주행차량이 대상건물에 영향을 미치는 주소음원임을 알 수 있다.

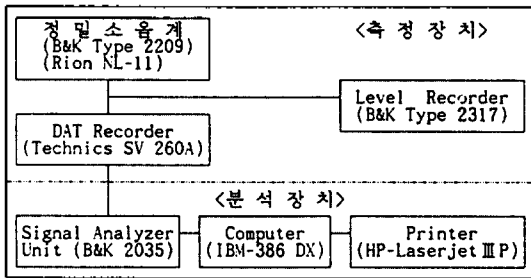


그림 3. 소음측정 및 분석장치

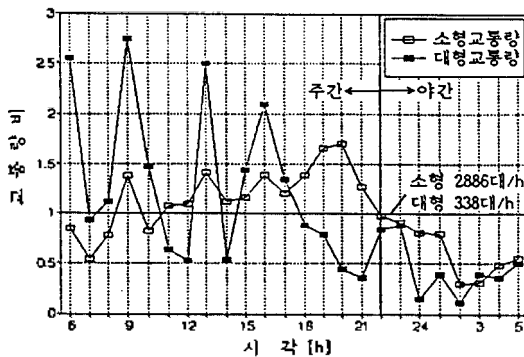
표 3. 도로측단(A,B점)의 소음도 및 교통상황

측정점	구분	시 간	등가 소음 레벨 L _{eq} dB(A)	퍼센타일레벨 L _x [dB(A)]			교통 소음 지수 TNI dB(A)	평균 주행속도 [km/h]		교통량 [대/h]		차량 혼입률 소형:대형
				L ₁₀	L ₅₀	L ₉₀		소형	대형	소형	대형	
A	주간	06:00~22:00	82.7	85.2	79.9	75.5	84.3	73.9	64.4	3054	405	88.3:11.7
	야간	22:00~06:00	80.3	83.1	77.1	67.3	100.5	82.2	71.0	1526	181	89.4:10.6
B	주간 5회 평균		79.6	82.0	77.0	69.0	91.0	72.7	63.9	1716	215	88.9:11.1

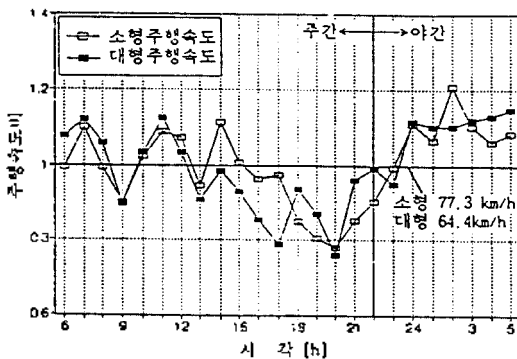
[그림 4]는 올림픽도로의 24시간 평균 교통량 및 평균 주행속도에 대한 시각별 교통량과 주행속도의 비율을 나타낸 것이다. 24시간 평균 교통량은 소형 2,886대/h, 대형 338대/h, 평균 주행속도는 소형 77.3km/h, 대형 64.4km/h로 나타났다.

소형 교통량은 09:00, 13:00, 16:00시에 피크치를 보이고 점차 증가하면서 20:00시에 최대치를 나타내며 야간으로 갈수록 감소되고 있다. 대형 교통량은 09:00시에 최대치를 나타내며 시간의 경과에 따라 감소되고 있다. 교통량의 시각별 변동폭은 대형 차량의 경우가 소형 차량의 경우보다 더 크게 나타나고 있으며, 주간에 매우 불규칙한 양상을 보이며 변화하고 야간에는 소형과 마찬가지로 교통량이 감소하는 경향을 보인다.

차량의 주행속도는 교통량이 많은 09:00시와 13:00시에 낮게 나타나고 20:00시에 최솟치를 보이고 있으며, 교통량이 적은 야간으로 갈수록 증가하고 있



(a) 시각별 교통량 비율



(b) 시각별 주행속도 비율

그림 4. 올림픽도로의 1일중 시각별 교통량 및 주행속도의 비율

다.

4.2 시간대별 소음레벨의 분포

[그림 5]는 올림픽도로의 소음레벨 분포를 파악하기 위하여 1일중 시각별 소음레벨의 출현빈도를 주간과 야간으로 구분하여 나타낸 것이며, [그림 6]은 이를 누적도수로 나타낸 것이다.

소음레벨의 분포는 주간과 야간에 서로 유사한 형태를 이루고 있고, 76dB(A) 이하의 소음레벨은 야간에 더 많이 발생하고 있으며, 그 이상의 소음레벨은 주간에 더 많이 발생하고 있다. 1일중 소음레벨은 주간에 66~96dB(A) 까지 30dB(A)의 분포범위를, 야간에는 50~94dB(A) 까지 44dB(A)의 분포범위를 보이고 있다. [그림 6]에서 알 수 있듯이 전체 측정치의 약 70%가 주간에 78dB(A)를, 야간에 74dB(A)를 초과하고 있으며, 누적도수 10% 이하인 압소음레벨은 주간에 더 큰 것으로 나타나고 있다.

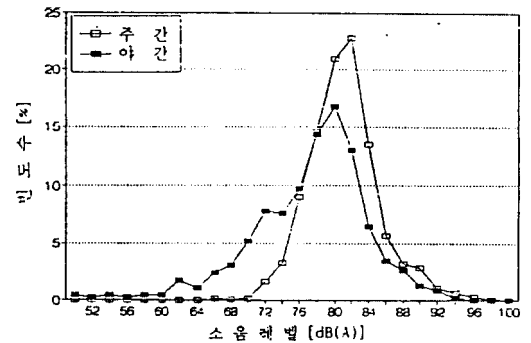


그림 5. 주간 및 야간의 소음레벨 분포도

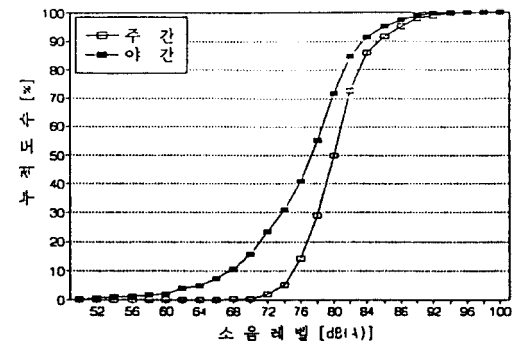


그림 6. 주간 및 야간의 소음레벨 누적분포도

[그림 7]은 도로측단 A점에서의 1일중 소음레벨 변화도를 나타낸 것이다. 1일중 주·야간의 평균 등가 소음레벨(L_{eq})의 차이는 2.4dB(A)로 나타났으며, 시각별 소음레벨과는 약 ± 3 dB의 차이를 보이며 변화하고 있다. 특히 야간에 소음레벨이 80.3dB(A)로 높게 나타나고 있는 것은 [그림 4]에서 알 수 있는 바와 같이 교통량이 감소되는 반면에 소형 및 대형 차량의 평균 주행 속도가 약 8km/h 증가하기 때문인 것으로 사료된다.

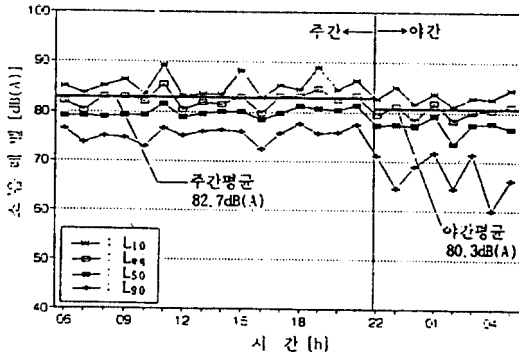


그림 7. 도로측단 A점에서의 1일중 소음레벨 변화도

4.3 도로교통소음의 주파수특성

소음발생원의 주파수특성을 파악하기 위하여 [그림 8]에 도로측단 A점의 1일중 시각별 교통소음의 주파수분석한 결과를 나타낸다.

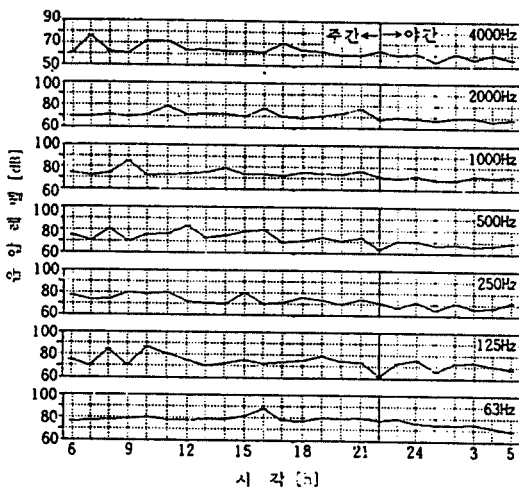


그림 8. 도로측단 A점에서의 시각별 소음레벨의 주파수 특성

서울시내 아파트단지의 도로변 소음레벨이 1,250Hz를 정점으로 한 산형분포를 나타내는 것과는 달리 교통조건에 의해 도로측단 A점에서는 주·야간 모두 63Hz 대역에서 가장 높고 1,000Hz 이하의 저·중음역에서 비교적 높은 특성을 보이고 있으며, 교통량이 약 50% 감소되고 주행속도가 약 8km/h 증가되는 야간에는 1,000Hz에서 다소 높아지는 것으로 나타났다. 이는 63Hz 대역에서 대형차량의 엔진배기계 소음과 1,000Hz 대역에서 소형차량의 노면 및 공기마찰 소음¹¹⁾에 의한 복합적인 영향이라 생각되며, 대상건물의 소음방지 대책을 수립하는 경우에는 저·중음역의 소음저감에 유의할 필요가 있다고 판단된다.

4.4 도로와 이격거리별 소음레벨의 비교

교통소음의 거리별 소음레벨 변화특성을 파악하기 위하여 도로측단 B점과 이로부터 등간격인 C, D점에서 동시에 소음레벨을 측정하여 비교하였다. 측정은 올림픽도로로부터 교통소음에 의한 영향을 최소화하기 위하여 6차선 교량에 교통량이 증가되어 D점에서 압소음레벨과 10dB 이상의 차이가 있는 경우에만 실시하였다. [그림 9]는 대상건물 주위 교량에서 발생되는 교통소음의 이격거리별 소음레벨 변화량을 나타낸 것이며, [그림 10]은 이를 주파수분석한 결과이다. 도로측단 B점에서의 소음레벨은 $L_{eq}79.7$ dB(A), 이로부터 130m 위치에 있는 D점에서는 $L_{eq}60.4$ dB(A)로 나타나 $L_{eq}19.3$ dB(A)의 감쇠 효과가 있는 것을 알 수 있으며, 소음원으로부터 배거리가 됨에 따라 약 $L_{eq}2$ dB(A) 감쇠되는 것으로 나타났다. 주파수별 감쇠효과는 고주파수 대역으로 갈수록 증가하는 것으로 나타났다.

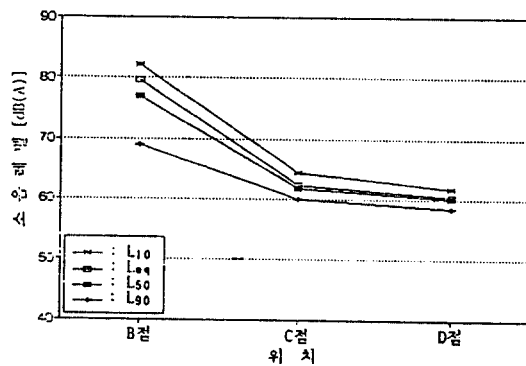


그림 9. 측정점별 소음레벨

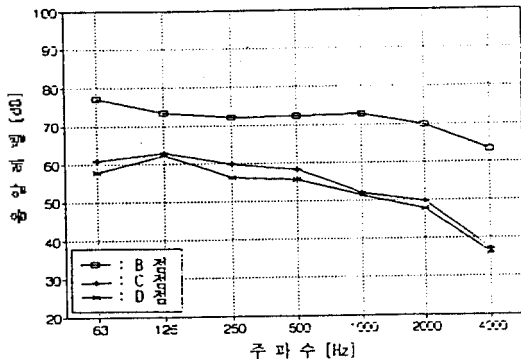


그림 10. 측정점별 소음레벨의 주파수특성

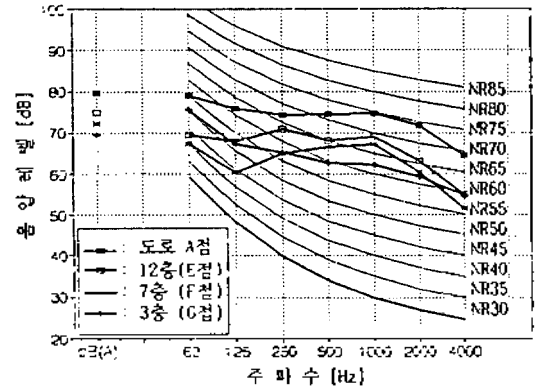
4.5 창의 개폐에 따른 실내 소음의 변화

건축물의 현장에서 창호의 음향부과손실 측정결과 는 음원과 수용점의 위치, 음장조건, 건물외벽의 장 면적비, 건물의 시공정도 등에 따라 달라지므로, 본 연구에서는 유리창의 개폐에 따른 실내소음레벨 차 이를 검토하였다. [그림 11]은 주간에 울림궤도로에 변한 3층, 7층 12층 실내에서 창의 개폐에 따른 실내 소음도를 ISO에서 제안한 실내 허용소음레벨 기준인 NR곡선(병원의 경우 NR 30)과 비교하여 나타낸 것 이다.

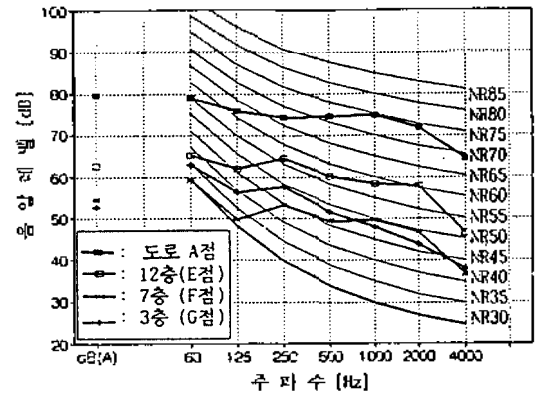
3층 실내에서 창개방시에 소음레벨은 69.4dB(A)로 서 도로측단 A점보다 약 10dB(A) 낮게 나타났으며, 이는 가리감쇠 효과에 기인한 것으로 판단된다. 각 층에서 1,000Hz 이하의 저주파수 대역으로 갈수록 소음레벨이 높아지는 것은 건물 주위 도로의 교통소 음에 의한 영향으로 사료된다.

실내에서 창의 개폐시에 소음레벨차는 750명상 급 모인 종합병원의 6.2~11.8dB(A)¹¹⁾보다 높은 12.1~17.8dB(A)로 나타나 실내환경을 위하여 창을 여 는데 방해요인으로서 외부소음이 작용하고 있는 것 으로 생각된다. 창의 개폐에 따른 소음저감 효과는 63~250Hz에서 평균 8.7dB, 500~4,000Hz에서 평균 12.8dB로서 500Hz 이상의 중·고음역으로 갈수록 다 소 커지는 것을 알 수 있다. 그러나, 평균적으로 2,000Hz 부근에서 저감효과가 작은 것은 동일한 두께 의 유리를 사용한 창호의 모뎀실험 결과¹²⁾에서도 볼 수 있는 마와 같이 일치효과(coincidence effect) 에 의한 것으로 판단된다.

창을 닫은 경우 실내 소음도는 NR49~61로서 각 실 모두 ISO의 권장치인 NR30을 초과하는 것으로 나타났다. 이로써 울림궤도로의 교통소음이 육체적,



(a) 창개방시



(b) 창폐쇄시

그림 11. 창개폐시 증감된 실내소음도

상신적 안정을 요하는 환자들에게 영향을 미칠 것으 로 예상할 수 있으나, 영향의 정도에 관해서는 재실 자들에 대한 설문조사 또는 별도의 심리실험 등에 의 한 비교·검토가 필요한 것으로 생각된다. 또한, 주파 수 대역별로는 NR30에 미하여 63~250Hz에서 평균 9.9dB, 500~4,000Hz에서 20.1dB를 초과하는 것으로 나타나 이에 대한 소음저감이 필요한 것으로 판단된 다.

건물외벽의 16mm 복층유리(5+A6+5) 단장을 2 층창으로 하는 경우 주파수별 약 11dB, 2층창의 간격 을 10cm에서 20cm로 하는 경우 주파수별 평균 약 9dB 의 차음개선 효과를 기대할 수 있다.¹³⁾ 따라서, 대상 건물의 소음저감 대책으로서 16mm 복층유리 (5+A6+5) 2층창(유리간격 20cm)을 이용할 경우 NR30을 만족시킬 수 있을 것으로 예상된다. 그러나,

2중창의 차음특성상 250Hz 이하의 저음역에 대한 차음효과의 한계때문에 12층의 경우에는 NR40 이하로 낮추기에 어려움이 있어 별도의 차음보완 대책에 대한 검토가 필요한 것으로 사료된다.

V. 결 론

울림픽도로변에 위치한 병원건물의 내외부에서 교통소음을 측정하여 소음특성을 분석하고 그 영향을 검토한 결과 얻은 결론은 다음과 같다.

(1) 울림픽도로 측단 A점에서 1일중 주·야간의 등가 소음레벨은 각각 82.7dB(A), 80.3dB(A)로서 교통량 및 차량의 주행속도에 의해 도로측단 B점에서 보다 더 높게 나타나 울림픽도로의 주행차량이 대상건물에 영향을 미치는 주소음원임을 알 수 있다.

(2) 도로측단 A점에서 1일중 소음레벨은 주간에 66~96dB(A)까지 30dB(A)의 분포범위를, 야간에는 50~94dB(A)까지 44dB(A)의 분포범위를 보이고 있으며, 전체 측정치의 약 70%가 주간에 78dB(A), 야간에 74dB(A)보다 높은 소음분포 특성을 보이고 있다.

(3) 서울시내 아파트단지의 간선도로변에서 소음의 주파수특성이 1,250Hz를 정점으로 한 산형분포를 나타내는 것과는 달리 교통조건의 차이에 의해 도로측단 A점에서는 63Hz 대역에서 가장 높고 1,000Hz 이하의 저·중음역에서 비교적 높은 주파수특성을 보이고 있다.

(4) 도로측단 B점에서의 교통소음레벨은 130m 떨어진 D점에서 $L_{eq}19.3dB(A)$ 만큼 감소되며, 소음원로부터 배거리가 됨에 따라 약 $L_{eq}2dB(A)$ 감소되는 것으로 나타났으며, 고주파수 대역으로 갈수록 감소량이 더 커지는 것을 알 수 있다.

(5) 대상건물의 실내에서 창을 닫은 경우 실내소음은 NR49~61로서 ISO의 권장치인 NR 30을 초과하고 있으며, 창이 개폐시에 소음레벨차는 12.1~17.8dB(A)로 나타나 창을 여는데 방해요인으로서 외부소음이 작용하고 있는 것으로 생각된다. 대상건물의 소음저감 대책으로서 16mm 복층유리(5+A6+5) 2중창(유리간격 20cm)을 이용할 경우 NR30을 만족시킬 수 있을 것으로 예상되나, 250Hz 이하의 저음역에 대한 차음효과의 한계때문에 12층의 경우에는 NR40 이하로 낮추기에 어려움이 있어 별도의 차음보완 대책에 대한 검토가 필요한 것으로 판단된다.

본 연구에서는 서울시에 위치한 울림픽도로변의

병원건물에 대한 소음방지 대책의 수립에 필요한 기초자료를 제시하기 위하여 교통소음의 특성 및 영향에 관하여 검토하였으나, 보다 합리적인 대책수립을 위해서는 재실자의 주관적인 반응과도 비교·검토가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 李鍾雨 外: 文通騒音 酷基地城의 騒音度 調査研究, 國立環境研究所 研究報告書, 1982.
2. 鄭仁桓 外: 共同住宅의 内部騒音基準設定에 관한 研究, 大韓住宅公社 研究報告書, 1986. 12.
3. 都建孝 外: 道路環境 影響評價 및 保全施設에 대한 調査(文通騒音 評價 및 對策), 韓國建設技術研究院 研究報告書, 1988.4
4. Michael Rettinger: Acoustic Design and Noise Control, Chemical Publishing Co.Inc., New York 1977.
5. 문창호, 김선우, 이광노: 입원환자의 소음에 대한 반응 조사연구, 大韓建築學會 學術發表論文集, 第6卷, 第2號, 1986.10.
6. Eldred K. M.: Assessment of Community Noise, J. Sound and Vib., 43(2), 1975.
7. I.D.Griffiths and F.J.Langdon: Subjective Response to Road Traffic Noise, J.Sound and Vib., 8(1), 1869.
8. ISO R1996: Acoustics-Assessment of noise with respect to community response, 1971.
9. 張吉洙, 吳永寅, 金善瑀: 共同住宅의 外部騒音 基準設定에 관한 研究, 大韓建築學會論文集, 3卷, 5號, 通卷 13號, 1987.10.
10. 朴演守, 俞浣: 車輛 騒音豫測 모델, 大韓建築學會 學術發表論文集, 第8卷 第2號, 1988.10.
11. 김성완 외: 외부창호의 차음선계에 관한 연구, 대한주택공사 연구보고서, 1992.12
12. 日本建築學會編: 騒音의 評價法, 彰國社, 東京, 1980.
13. E.A.G. Shaw and N.Olson: Theory of Steady-State Urban Noise for an Ideal Homogeneous City, J.A.S.A. Vol.51, No.6, 1972.
14. Gregory W. Cermak, et al.: Analysis of Traffic Noise Abatement Strategies, J.A.S.A., Vol.69, No.1, 1981.

▲조 창 근

(정회원)



1958년 4월 4일생
 1984년 8월 : 단국대학교 건축공학과 졸업(공학사)
 1986년 8월 : 한양대학교 대학원 건축공학과 졸업(공학석사)
 1987년 2월 ~ 현재 : 한양대학교 대학원 건축공학과 박사과정

▲손 장 열(정회원)

1945년 6월 22일생

1969년 2월 : 한양대학교 건축공학과 졸업(공학사)
 1977년 3월 : 일본 동경공업대학 대학원 석사과정 수료(공학석사)
 1980년 3월 : 동 대학 대학원 박사과정 수료(공학박사)
 현재 : 한양대학교 건축학과 교수
 대한건축학회 이사
 공기조화·위생공학회 환경부문위원회 위원장
 한국소방학회 이사