

썩큰광장의 교통소음 감쇠 효과

민장기* · 장태현* · 정재만**

*청주대학교 환경조경학과 · **서원 엔지니어링

Traffic Noise Reduction of Sunken Squares

Min, Jang-Ki* · Chang, Tai-Hyun* · Jung, Jae-Man**

*Dept. of Environmental Landscape Architecture, Cheongju University

**Seowon Engineering Co.

ABSTRACT

This study examines the traffic noise reduction effects of the diverse efficiency features of a sunken square, and investigates the reduction effects and characteristics of noise alterations according to the construction conditions in order to verify its possibility as a new noise reduction facility.

The measured data were analyzed. As a result, (1) the traffic noise from the roads around the sunken squares exceeded the regulatory standards; (2) the sunken squares were protected from noise; (3) the sunken spaces yielded a greater reduction by 6~7dB than the flat ground thanks to the diffraction effect; and (4) there were fine changes to noise according to the conditions of space construction.

In short, a sunken square has the potential to afford new applications as a noise reduction facility in a highly concentrated downtown with the existing defects solved. In addition, its use for effective noise control is evident based on the noise characteristics of a space. Future studies need to include efforts to provide clearer quantitative data, as well as research on shape, layout, and materials.

Key Words : Reduction, Traffic Noise, Sunken Square

1. 서론

도시 내에서 소음을 발생시키는 소음원 중 광범위하게 폐해를 야기시키는 것으로는 도로에서 발생하는 자동차 교통소음이라고 할 수 있는데(환경부, 2001) 현대

사회는 사회 구조상 각종 소음을 초래하지 않을 수 없다. 따라서 이들 소음을 적절히 차단하고자 하는 노력을 설계분야에서 많이 볼 수 있다(임승빈, 2001). 그 예로서 방음벽, 방음림, 방음터널 등이 있으나 방음벽의 경우 도시 미관상 저해요소이며(국찬, 1990) 넓은 면적

을 필요로 하는 방음림은 공간 효율적 측면에서 제약이 따른다. 한편 도시계획시설로서의 썬큰 광장은 현대에 이르러 그 효율적 가치로 인하여 다양한 용도에 적용되고 있으며 크기 또한 소규모에서 대규모 광장에 이르기까지 다양하다고 할 수 있다. 특히, 채광, 통풍, 온도, 습도 등 지하공간에 직접적인 기후 영향을 제공하고 있으며 인접 교통과의 접근성과 지하 교통망과의 연계 및 교통소음 및 진동 등 제 공해 요소로부터의 효과적 이익이 있다(오정은, 1992).

소음저감시설에 관한 기존연구는 1) 식생을 이용한 방법(장정찬, 1986; 박달근, 1995; 장길덕, 1998; 이주형, 2000), 2) 방음벽 설치(허성관, 1997; 송영현, 1998; 김태완, 2000; 김미경, 2003; 김성길, 2004) 등 두 가지 범주에 국한되어 연구가 수행되었다. 그러나 이러한 연구는 소음이 도시생활 환경에 지대한 영향을 미치고 있는 실정에서 고밀화된 도심 내 적용하기에는 여러 문제점이 보완되어야 한다. 따라서 도심 내 정온한 환경 조성을 위한 새로운 저감시설 대책에 관한 연구가 수행되어질 필요성이 있다.

이에 본 연구에서는 썬큰 광장의 제반적 효율성 중 소음 감쇠효과에 관심을 갖고 도로변에서 발생하는 교통소음으로부터의 영향과 저감대책으로서의 가능성을 확인하고자 한다. 이를 위한 실험적 조건으로는 도시내 발생소음 중 심각성과 영향이 광범위한 도로교통소음을 주 소음원으로 하였으며 저감대상으로는 지반높이의 변화가 있는 썬큰 광장으로 한정하여 깊이, 거리, 형태 등 물리적 조건에 따른 썬큰 광장의 감쇠특성을 밝혀내어 추후, 광장 계획시 참고가 되거나 현재 이용중인 썬큰 광장의 관리계획에도 도움이 될 수 있는 기초 자료를 제시하는데 그 목적을 두고자 한다.

II. 연구방법

1. 대상지 선정 및 주변현황

썬큰 광장의 도로 교통소음 감쇠효과를 측정하기 위하여 다음과 같은 기준을 근거로 하여 선정하였다. 첫째, 도심 내에 위치하고 있는 광장, 둘째, 도로변에 접하고 있어 교통소음으로부터 직접적으로 노출되어 있는

표 1. 대상지역 주변현황

| 내용 광장 | 지역 지구 | 도로조건 | 교통량 | 도로와 이격거리 |
|------------|--------------------|------------------|----------|-------------|
| 대전시청 광장 | 준주거지역 일반상업지구 | 편도3차선 (평지형) | 1,404대/h | 60m |
| 아셈 광장 | 일반상업지구 1종2종미관지구 | 편도 11차선 (평지형) | 5,100대/h | 20m |

광장, 셋째, 공공성격의 광장, 넷째, 상대적인 소음 감쇠치 비교를 위한 평면식과 썬큰식이 공존하는 광장으로 하였다. 이러한 조건을 기준으로 선정된 측정 대상지로는 우선 수도권 지역으로는 서울시 강남구 소재의 코엑스(Convention and Exhibition Center) 단지 내 아셈광장이고, 지방 도시로는 대전시청사 앞 광장으로 정하였다.

아셈광장은 코엑스 단지 내 북쪽의 아셈타워 전면에 위치하고 있으며 주 소음이 발생하는 강남대로와는 20m의 거리를 두고 떨어져 있고 대전시청 앞 광장은 대전시청사 정면의 북문과 접하고 있으며 주 소음 발생원인 전면도로와는 60m의 거리를 두고 떨어져 있다(표 1, 그림 1, 2 참조).

2. 사용기기

실험에 사용된 측정기기는 한국공업규격 KSC 1502의 기준에 맞는 디지털 보통소음계로서 일본 RION社의 NL-05를 사용하였고 2004년 3월 25일부터 4월 9일까지 각 대상지별 1일 2회를 기준으로 오전, 오후 측정

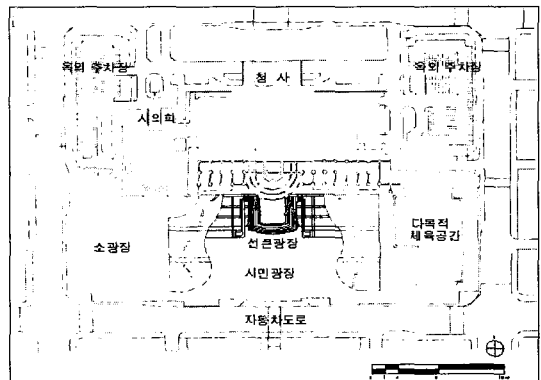


그림 1. 대전시청사 광장 배치도

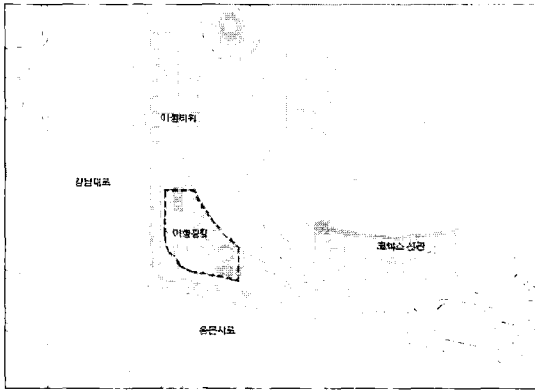


그림 2. 아셈광장 배치도

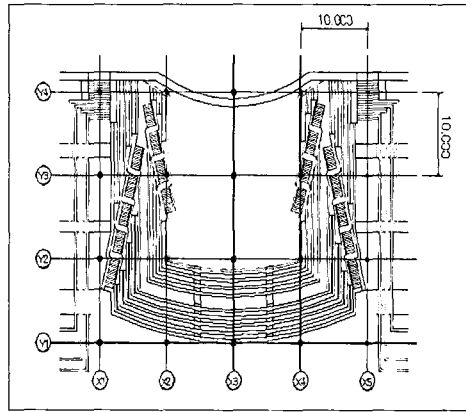


그림 3. 대전시청사 광장 측정지점 평면도

표 2. 소음 측정 일시

| 광장 | 내용 | 측정 일시 | | 비고 |
|---------|----|--------|--------|---------------------|
| | | 1차 | 2차 | |
| 대전시청 광장 | | 3월 25일 | 3월 30일 | 1일 2회 측정 (오전/오후) |
| 아셈 광장 | | 4월 2일 | 4월 9일 | |

을 하였고 두 번의 현장 방문을 통하여 총 4회 측정하였다(표 2 참조).

3. 측정방법 및 분석의 기준

소음 측정 방법으로는 소음진동 규제법에서 정한 교통소음 측정방법과 ISO/R1996에 준하여 교통량의 변화가 일정하다고 판단되는 평일을 대상으로 오전 오후로 나누어 1일 2회를 측정하되 4시간의 간격을 두었으며 각 측정 지점별로 등가소음레벨(equivalent sound level : Leq)을 5분간씩 측정하였고 교통량이 급상승하는 출퇴근 시간은 되도록 피하여 측정하였다(동화기술, 1992).

이때 순간의 불규칙한 교통현상 및 외부소음이 유발되었다고 판단되는 경우에는 측정을 피하였다. 특히 아셈광장의 경우 광장 내 상업시설에서 발생하는 스피커 소리는 협조를 통하여 차단하였다. 측정위치는 첫째, 대상지내 주 소음 발생도로의 소음현황을 알아보기 위하여 도로 단에서 측정하였고 둘째, 광장의 소음도 측정은 주 소음원이 발생하는 도로를 기준으로 평행 및 직각이 되도록 10m 간격의 가상 선을 그어 그 교차점을

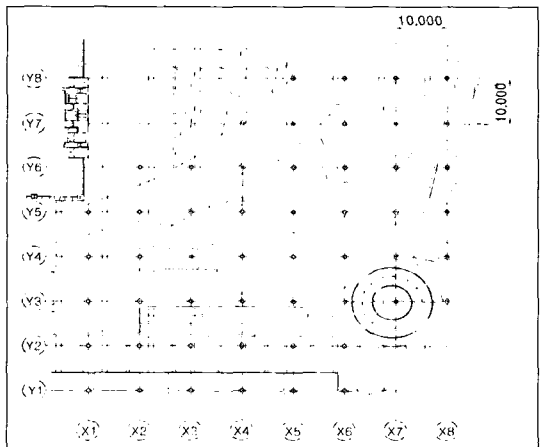


그림 4. 아셈광장 측정지점 평면도

측정지점으로 대전광장 20개 지점, 아셈광장 49개 지점의 소음도를 측정하였다(그림 3, 4 참조).

총 4회 현장 실험을 통해 측정된 데이터를 바탕으로 각 지점별 평균값을 가지고 종단, 횡단면 소음분포선과 보간법을 통한 등소음선을 작성하여 소음의 분포 및 감쇠 특성을 분석하고 그 변화 요인을 구명하였다.

III. 측정결과 및 고찰

1. 대상지 특성 및 소음원

1) 대전시청사 광장

건물의 저층부와 연결된 진입광장의 역할을 하고 있

표 3. 대전시청사 광장 현황

| 내용 광장 | 인접 상업시설 | 편의시설 | 마감재료 | 광장형태 | 식재현황 |
|----------------|------------|----------------|-----------------|------|-----------------|
| 대전 시청 광장 | 약국, 매점 | 이동식 테이블, 벤치 | 화강석 타일 유리 | 계단형 | 바닥 잔디면 처리 |

다. 광장의 크기는 37.6m × 32.6m이며 총면적은 약 1,225㎡로서 높이차 3m의 계단식 쉼광장으로 계단 및 램프에 의한 접근이 가능하다. 주 소음원으로는 광장 전면 도로에서 발생하는 교통소음이 있으며, 이외에 배경 소음원으로는 건축공사장의 작업소음, 소풍상가의 음악소리, 광장 내 설치된 스피커소리, 대화소리, 발자국소리 등이 있으나 순간음이거나 소음의 세기가 약하여 광장 내 큰 영향을 미치지 않는다.

광장 주변 시설은 소음원과 쉼광장 사이에 가로수를 제외하고는 장애물이 없는 평탄한 지형이며 내부 시설 또한 이동식 편의시설과 일부 바닥 잔디면 처리를 제외하곤 설치되어 있지 않다(표 3, 그림 5, 6 참조).

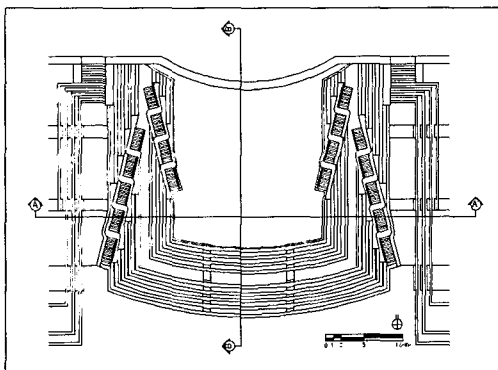


그림 5. 대전시청사 광장 현황 평면도

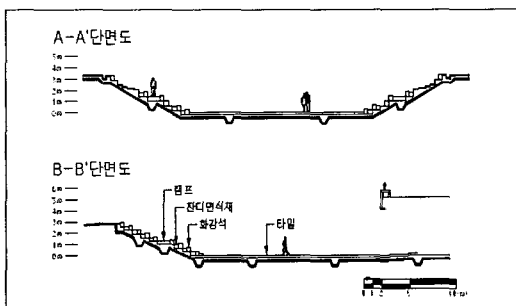


그림 6. 대전시청사 광장 현황 단면도

2) 아셈광장

코엑스몰과 연결된 북쪽 진입광장의 역할을 하고 있다. 광장의 크기는 약 28m × 56m의 부정형의 광장이며 총면적은 약 1747㎡로서 높이차는 7m의 단절형 쉼광장이다. 주 소음원은 동쪽 강남대로의 교통소음이며 봉은사로의 교통소음은 부 소음원으로 보았다. 이외에 배경 소음원으로는 전방 건축공사장의 작업소음, 오토바이소리, 대화소리, 발자국소리, 환기시설 소음 등이 있다.

광장 주변 시설을 보면 도로에서 쉼광장까지 약 1m의 표고차를 나타내는 지형으로 계단 및 녹지플랜트가 설치되어 있으며 도로변에 가로수가 식재되어 있다. 내부시설로는 다양한 편의시설과 경관식재용 상록교목과 관목이 일부에 식재되어 있다(표 4, 그림 7, 8 참조).

2. 소음도 분석

1) 도로교통 소음현황

주 소음원이 발생하는 도로의 교통소음을 살펴보면

표 4. 아셈광장 현황

| 내용 광장 | 인접 상업시설 | 편의시설 | 마감재료 | 광장 형태 | 식재현황 |
|----------|------------|--|---------------------------------|----------|---------------------------|
| 아셈 광장 | 음식점 커피숍 | 야외탁자, 벤치, 분수대, 가로등, 필로티, 녹지시설 | 화강석 유리 자연석 폴리카 보네이트 | 단절형 | 경관 식재용 상록교목 및 관목 |

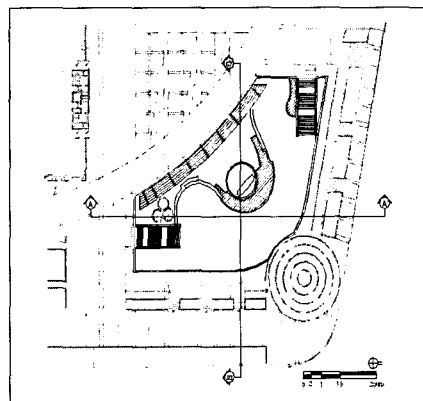


그림 7. 아셈광장 현황 평면도

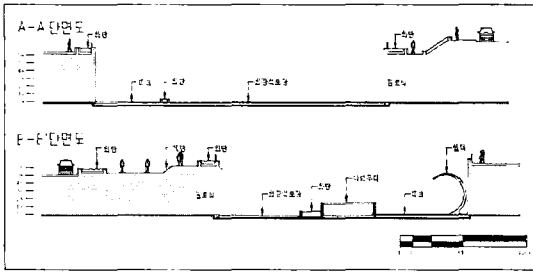


그림 8. 아셈광장 현황 단면도

대전 시청사 광장은 66.5dB~67.4dB로서 이 지역의 소음규제 기준치인 65dB를 초과하고 아셈광장도 71.8dB~72.5dB로서 소음규제 기준치인 70dB를 초과하여 두 지역 모두 환경 소음규제 기준을 넘어선 소음이 발생하고 있다(표 5 참조).

2) 중/횡단면 소음분포선

(1) 대전시청사 광장

종단면 5구간 및 횡단면 4구간의 소음분포선은 그림 9, 10과 같다.

종단면 X1, X2의 평지형 구간 소음레벨은 거리에 따른 자연감쇠 현상을 보였으며 Y4 지점에서 소음이 소폭 상승하였다. 이는 계단이 위치한 지점으로 Y3 지점보다 표고 1m가 높은 부분으로서 대기 중 소음 전달에 유리한 조건이며 측정지점 근처의 외부소음인 스피커 소리의 영향을 받은 것으로 판단된다.

종단면 X2, X3, X4의 선큰형 구간은 Y2 지점에서 세 구간 모두 소음이 급격히 감소한 후 Y2 지점에서 멀어질수록 상승하는 현상을 나타냈다. 이는 지형이 표고차 3m로 낮아진 지점에서 회절현상이 크게 일어나 감소가 된 후 거리가 멀어짐에 따라 회절효과의 감소와

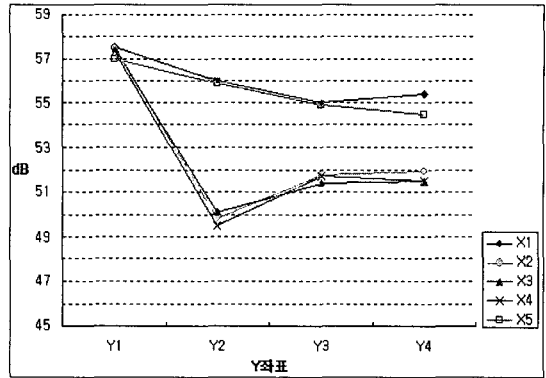


그림 9. 대전시청사 광장 X1~X5 구간의 종단면 소음 분포선

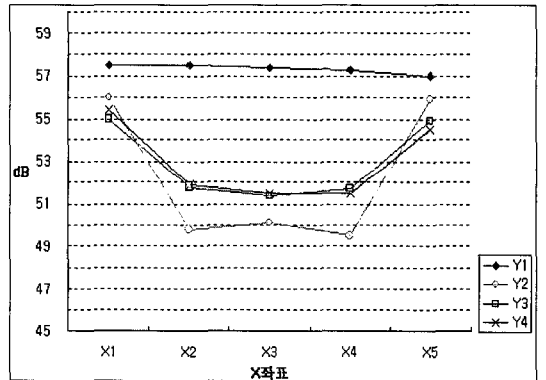


그림 10. 대전시청사 광장 Y1~Y4 구간의 횡단면 소음 분포선

건물면의 반사음에 의한 영향이라고 판단된다.

횡단면 Y1 구간은 소음의 변화가 없었으며 Y2, Y3, Y4 구간은 GL선을 기준으로 표고가 낮아짐에 따라 소음레벨 또한 낮아지는 현상을 나타냈다. 특히 소음의 감소폭을 살펴보면 Y2 구간은 약 6dB이며 Y4 구간은 약 3dB로서 소음원에 가까울수록 감소폭이 큰 것을 알 수 있다. 전체적으로 선큰형 광장이 평면형 광장과 비교해 볼 때 소음으로부터 보호를 받고 있다는 것을 알 수 있으며 Y2 구간의 선큰 지점이 감쇠효과가 가장 높았다.

(2) 아셈광장

종단면 5구간 및 횡단면 4구간의 소음분포선은 그림 11, 12와 같다.

종단면 X2 평지형 구간은 거리에 따른 자연감쇠 현상을 보였다. 종단면 X3, X4, X5, X6 선큰형 구간은

표 5. 도로교통 소음 측정치

| 광장 | 1차 실험 | | 2차 실험 | | 소음규제 기준치 |
|----------|--------|--------|--------|--------|----------|
| | 1차 측정 | 2차 측정 | 1차 측정 | 2차 측정 | |
| 대전시청사 광장 | 66.5dB | 67.4dB | 66.7dB | 66.7dB | 65dB |
| 아셈광장 | 71.9dB | 71.0dB | 71.7dB | 71.8dB | 70dB |

Y3 평지부 지점까지 거리에 따른 자연감쇠현상을 보이다가 표고차 7m 낮아지는 Y3 쉰큰부 지점에서 회절효과에 의해 약 7~8dB 정도 감소되었으며 쉰큰부 Y3~Y8 지점까지는 전체적으로 소음이 증가하는 현상을 나타냈고 X3 구간의 Y4 지점과 X5 구간의 Y6 지점에서는 불규칙하게 소음이 상승하는 현상을 나타냈다.

횡단면 Y3 평지형 구간은 X4 지점까지 비슷한 소음 레벨을 유지하다 X8 지점에 가까울수록 봉은사로에서 발생하는 소음의 영향으로 상승하였다. 횡단면 Y4, Y5, Y6 쉰큰형 구간은 평지부와 쉰큰부의 소음레벨이 차이를 보이면서 쉰큰부가 약 4~10dB 정도 소음으로부터 보호 받고 있었다.

특히 Y5, Y6 구간은 내부 환기시설에서 발생하는 소음의 영향으로 쉰큰부와 평지부의 소음 차이가 크지 않았으며 내부 구조물에 의한 형태의 변화와 녹지대의 영향으로 X4, X5 지점에서 불규칙한 소음 변화를 보였다. 전체적으로 쉰큰 구간이 평지부보다 소음도가 낮았

으며 내부 시설인 셸터, 원형무대, 데크, 녹지대에 의한 간접적인 영향과 공간 내 암소음으로 인해 미세한 소음 변화를 보였다.

3) 등소음선

(1) 대전시청사 광장

평면부에서 쉰큰부로 지형이 낮아지는 지점에서 등소음선의 간격이 좁아지고 소음의 감소폭이 크며 쉰큰부내에서는 거리가 멀어짐에 따라 소음이 다시 증가하였다. 특히 공간내 최저 소음도를 나타내는 곳은 표고차 3m로 지형이 낮아지는 계단 끝지점으로 소음도 50dB를 나타냈다(그림 13 참조).

(2) 아셈광장

대전시청사 광장과 같이 평면부에서 쉰큰부로 지형이 낮아지는 지점에서 회절현상으로 소음이 감소되어 등소음선의 간격이 좁아졌다. 평면부에서의 등소음선은 거리에 의한 자연감쇠 영향으로 등간격을 유지하였고 Y3 지점을 기준으로 간격이 넓어지는 현상을 보였다. 공간내 최저 소음도를 나타내는 곳은 표고차 7m로 지형이 낮아지는 벽면에 근접한 공간으로 소음도 58dB를 나타냈다. 한편 아셈광장은 쉰큰부에서 등소음선이 불규칙한 형태를 나타내고 있다. 등소음선의 형태를 보면 내부시설인 셸터, 원형무대, 데크, 녹지대의 형태 및 위치에 따라 등소음선이 변화하고 환기시설 주변의 소음도가 주변부보다 높기 때문에 내부 소음 변화에 영향을 주는 것으로 판단된다(그림 14 참조).

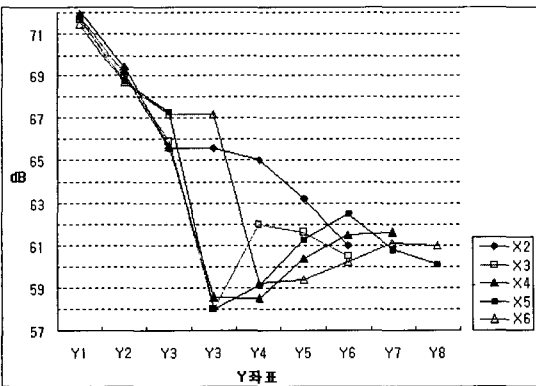


그림 11. 아셈 광장 X2~X6 구간의 종단면 소음 분포선

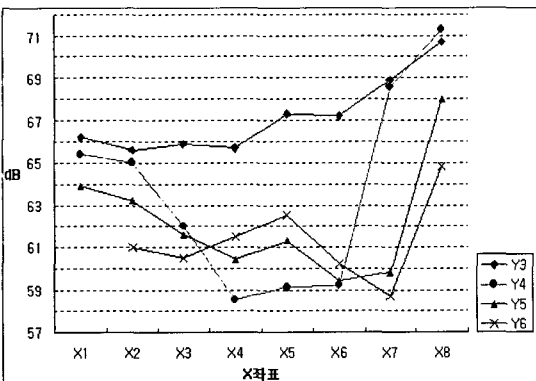


그림 12. 아셈 광장 Y3~Y6 구간의 종단면 소음 분포선

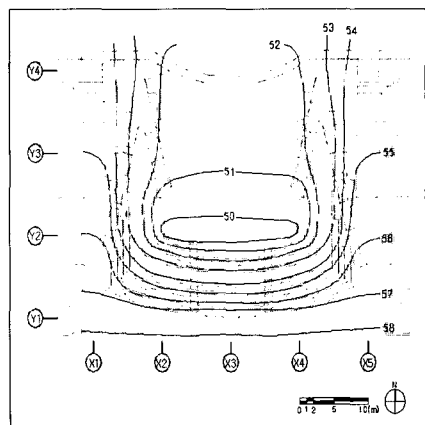


그림 13. 대전시청사 광장 등소음선

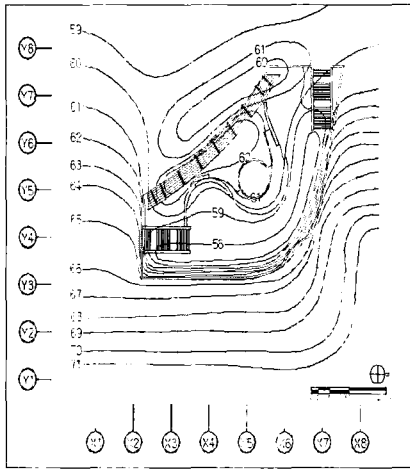


그림 14. 아셈광장 등소음선

3. 결과 및 종합고찰

1) 결과의 요약

현장실험을 통하여 측정된 데이터를 분석한 결과는 다음과 같다.

- (1) 대상지 주변 도로에서 발생하는 교통소음현황은 환경소음 규제 기준치를 대전시청사 광장 1.6dB, 아셈광장 1.83dB를 초과하였다.
- (2) 평지부는 거리에 따른 자연감쇠 현상을 나타냈으며 대전 시청사 광장은 거리가 10m 증가할 때마다 약 0.5dB~1.5dB이 감소하였고 아셈광장은 약 1dB~2dB 정도 감소하였다.
- (3) 썬큰부는 지형의 표고가 낮아지는 수직면에 접한 부분에서 회절효과가 크게 일어났으며 회절 감쇠치는 대전시청사 광장 6dB, 아셈광장 8dB로 나타났다.
- (4) 썬큰부는 회절현상에 의한 소음감소 후 평지부와는 반대로 수직면에서 거리가 멀어짐에 따라 소음이 증가하였다.
- (5) 평지부 썬큰부 모두 거리에 의한 소음감쇠 현상을 보였으나 지형이 표고가 높아지는 부분에서는 소음레벨도 상승하였다.
- (6) 공간의 형태 및 내부시설의 영향에 따라 소음레벨이 변화하는 것으로 확인되었다.

2) 종합고찰

(1) 거리/깊이에 따른 소음변화

두 대상지역 모두 평면부는 소음원으로부터 거리가 멀어짐에 따라 자연적으로 소음이 감소하는 현상을 나타냈으며 썬큰부는 회절현상에 의한 급격한 소음 감소 후 소음원으로 부터 거리가 멀어짐에 따라 회절효과에 의한 영향이 줄어들면서 소음이 증가하는 현상을 나타내다가 어느 지점을 기점으로 거리에 의한 자연감쇠 영향을 받아 다시 소음이 감소하는 현상을 나타냈다.

대전시청사 광장은 썬큰의 깊이가 3m이고 최대소음 감쇠치는 6dB이며 아셈광장은 깊이가 7m이고 감쇠치는 8dB로서 소음의 감쇠에 깊이가 영향을 주는 것으로 나타났다. 또한 대전시청사 광장은 썬큰부에서 외부 소음원으로부터 거리에 따른 자연감쇠의 영향이 크지만 썬큰의 깊이가 보다 낮은 아셈광장은 거리에 의한 자연감쇠보다 내부의 형태 및 시설에 의한 영향이 큰 것으로 나타났다.

(2) 회절특성 소음감쇠 이론이나 회절성질을 볼 때

본 대상지역에서 소음감쇠 효과가 클 것으로 예상되는 부분은 소음의 전달 경로차가 가장 짧은 지점으로 평지부에서 썬큰부로 내려앉는 수직면에 접한 부분이라고 할 수 있다. 현장 측정 결과 두 지역 모두 예상지점에서 회절효과에 의한 소음감쇠 현상이 나타났다. 비록 성질도에 의한 최대소음감쇠치인 15dB에는 미치지 못하였지만 회절에 의한 소음감쇠 가능성을 확인하였다. 특히, 아셈광장은 썬큰부 내 수직벽면이 Set back 되어 있어 일반적인 단절형 및 계단형보다 소음전달 경로의 차가 짧았으며 회절에 의한 소음감쇠 효과가 우수하였다.

(3) 대상지역간 비교

계단형의 대전시청사 광장과 단절형의 아셈광장 모두 교통소음으로부터 보호되고 있으며 계단형은 경사에 따라 완만한 소음감쇠를, 단절형은 급격한 소음감쇠를 나타냈다. 또한 내부시설 및 형태의 변화가 없는 대전시청사 광장은 규칙적인 소음 변화를 나타냈으나 아셈광장은 암소음과 형태 및 시설의 영향으로 음의 반사현상과 흡수작용이 일어나 불규칙적으로 소음이 변화하는 특성을 나타냈다.

IV. 결론

본 연구는 고밀화된 도심 내 적용 가능한 새로운 소음저감시설의 대안을 제안하고자 현대에 이르러 지하 공간의 이용 목적과 도시계획 및 환경설계 시 효율적으로 이용되고 있는 쉼큰 광장을 대상으로 하여 그 가능성을 확인하고 기초 자료를 제시하고자 하였다. 결과를 종합해 보면, 쉼큰형 광장은 평지형 광장과 비교하여 거리에 따른 자연 감쇠현상 외에 음의 회절에 의한 소음의 감쇠 효과가 있는 것으로 확인되었다. 비록 방음벽의 소음 차단 효과에는 미치지 못하였지만 고밀화된 도심 내에서 방음벽 및 수림대가 가지고 있는 문제점을 보완하며 소음 저감시설로서 활용되어질 수 있는 가능성을 확인할 수 있었다. 또한 거리나 깊이에 의한 영향 이외에 공간의 형태 및 내부시설의 특성에 따라 음이 변화하는 현상을 나타냈다.

이와 같이 쉼큰 광장에서 일어나는 소음특성을 바탕으로 효율적인 소음관리를 위하여 소음 감쇠율을 높일 수 있는 방법들이 추가 적용되어질 수 있을 것이다. 첫째, 광장의 형태 변화를 통하여 소음 전달경로차를 늘리는 방법으로 회절효과를 높일 수 있다. 둘째, 절·성토를 광장의 내·외부 및 주변부에 설치하여 소음의 추가 감쇠가 가능하다 셋째, 흡음성을 고려한 마감 재료의 선택으로 소음감쇠 효과를 볼 수 있다. 넷째, 식생을 이용한 소음경감효과를 볼 수 있다. 다섯째, 주 소음 발생원인 도로와의 이격거리 조정을 통하여 쉼큰 광장으로 전달되는 소음의 양을 조절할 수 있다. 이상과 같이 쉼큰 광장을 대상으로 소음 저감시설로서의 가능성 및 소음 감쇠와 변화 특성의 확인에 연구의 의의가 있으나 샘플링 표본수와 측정횟수의 부족으로 계량적인 수치를

제시하는 데는 한계가 있었다. 따라서 추후 연구가 진행되어 명확한 계량적 제시가 되어야 하며 쉼큰 광장 내에서의 반사, 흡수, 투과, 전달에 의한 소음감쇠 특성에 관한 연구가 병행되어 흡음 재료의 사용과 시설물의 종류와 형태, 배치에 따른 환경설계 방법과 기초 자료가 제공되어야 하겠다.

인용문헌

1. 국찬(1990) 조경식물의 도로교통소음 감쇠기능에 관한 연구. 전남대학교 대학원 석사학위논문.
2. 김미경(2003) 공동주택 방음벽의 실효성에 관한 연구. 계명대학교 대학원 석사학위논문.
3. 김성길(2004) 방음벽에 의한 도로소음감쇠 주파수 대역 분석. 서남대학교 대학원 석사학위논문.
4. 김태완(2000) 방음벽에 의한 아파트 단지내의 소음감쇠특성에 관한 실험적 연구. 전남대학교 대학원 석사학위논문.
5. 동화기술(1992) 공정시험방법. 서울: 동화기술.
6. 박달곤(1995) 자연 및 인공식생의 소음경감효과. 영남대학교 대학원 석사학위논문.
7. 송영현(1998) 방음벽의 소음저감에 관한 연구. 전남대학교 대학원 석사학위논문.
8. 오정은(1992) 쉼큰 스페이스의 공간구성 특성에 관한 연구. 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
9. 이주형(2000) 수림대에 따른 소음감쇠효과에 관한 연구. 영남대학교 대학원 석사학위논문.
10. 임승빈(2001) 환경심리행태론. 서울: 보성문화사.
11. 장길덕(1998) 식생의 소음경감효과 예측 기법에 관하여. 경북대학교 농업개발대학원 석사학위논문.
12. 장정찬(1986) 소음 완화를 위한 도로변 완충녹지 조성기법에 관한 연구. 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
13. 허성관(1997) 도로변 방음을 위한 목재방음벽 도입 가능성 검토. 전북대학교 대학원 석사학위논문.
14. 환경부(2001) 소음·진동 환경개선 중·장기계획.

원 고 접 수 : 2004년 8월 31일

최종수정본 접수 : 2004년 10월 26일

3인의명 심사필