

學校施設の 音環境

Acoustical Environment for Education Facilities

金 興 植*

Kim, Heung-Sik

1. 학교시설의 음환경, 무엇이 문제인가?

인간은 죽을 때까지 배우고 익히는 것에 대한 본능적인 열정을 지니고 있다고 한다. 급격하게 변화하는 현대사회에서는 어제의 신지식이 하루 지나면 벌써 옛 것이 되어버릴 정도로 과학의 발전이 빨리 변하고 있고, 새로운 정보의 습득에 대한 부단한 노력이 계속 요구되면서 21세기의 교육은 과거의 단순한 학교 교육의 틀을 벗어나 사이버 교육(cyber education), 평생교육의 개념으로 탈바꿈하고 있으며, 이미 그 문턱을 지나고 있는 실정이다.

이러한 사회적 요구에 대응하기 위해서 사이버 교육, 그룹미팅 등의 새로운 교육방법과 시청각 기기, 기계 기기, 컴퓨터 등 각종 교육기기가 도입되고 있다. 이와 함께 敎育의 場을 제공하는 시설에 있어서도 이에 대응하는 다양성 있는 공간 만들기, open plan 방식 등의 평면 계획적인 변화와 거주성능 및 설비 등의 환경계획적인 수준의 향상이 요구되고 있으며, 일부 신규 학교건물 설계에는 이에 대한 반영도 되고 있다.

일반적으로 교육시설이라 하면 보육원, 유치원, 초등학교, 중학교, 대학교에 이르기까지의 각종 학교와 도서관 등을 포함하나, 본고에서는 보통의 학교로 통칭되는 초등학교, 중, 고등학교를 중심으로 외부 음환경과 실내 음환경으로 대별하여 음환경 성능에 관한 검토를 시행코자 한다.

학교부지 외부와 관련해서는 우선, 고속도로,

간선도로, 철도, 항공기 등의 교통소음원을 위시하여 공장소음, 건설공사소음, 각종 생활환경소음 등의 외부소음원으로 부터의 피해가 가장 크게 나타나고 있다. 특히, 도심지에 위치한 학교의 환경소음은 교육환경의 악화 뿐만 아니라 성장기에 있는 학생들에게 신체적, 정신적인 영향을 미칠 우려마저 있어서 심각한 것으로 받아들여지고 있다.

도로에 인접한 서울시내 5개교를 대상으로 조사한 기존 연구결과에 의하면, 주간의 평균 등가소음레벨은 69~88dB(A)로서 ISO에서 권장하는 기준치인 55dB(A)를 모두 초과하고 있어서 운동장에서 수업진행이 어려울 뿐만 아니라, 교실내에서의 수업에 마저 많은 지장을 주고 있는 것으로 나타났다.

기존의 학교시설에 이러한 외부소음이 문제가 될 경우, 현재는 방음벽을 설치하거나 외부에 면한 창문을 보완하는 수준에서 마무리 되는 경우가 대부분이나 이것만으로는 충분한 차음효과를 얻지 못하고 있는 실정이다.

아울러, 최근에는 학교측이 가해자가 되는 사례도 발생하고 있다. 즉, 학교의 운동장, 체육관, 특별교실 등에서 발생하는 소음이 인접 주거단지에 피해를 주는 현상이다. 이는 일조문제 등과 연계되어 주변 주민의 동의 없이는 학교 건물의 신축 및 증축이 어려움을 겪게되는 주된 원인 제공을 하기도 한다.

건물내부에서는 실험실습실, 음악실, 체육관, 복도 등이 대표적인 가해측의 실이며, 도서관,

* 대한주택공사 연구소 수석연구원

시청각실, 음악실, 양호실 등이 피해측의 실이나 보통 교실에서도 상호간에 장애를 주기도 하며, 일부 학교에서는 급배수 설비, 공조환기설비 등의 설비소음도 문제가 되고 있다. 또한, 개방형(open plan)교실 방식 등의 도입 및 시청각 교육의 활성화로 소리를 내는 교육 기자재가 증가함에 따라 교실내의 소음원이 증가하여 실내음향계획의 필요성은 매우 높아져 가는 실정이다.

2. 학교시설의 음향성능 요구수준

일본건축학회에서 제안한 초등학교, 중학교, 고등학교의 보통 교실에 대한 차음성능기준과 적용등급은 다음 표 1과 같다.

표 1. 보통교실에 대한 차음성능기준과 적용등급

성능항목 (부위)	적용 등급			
	특급 (특별사양)	1급 (표준)	2급 (허용)	3급 (최저치)
실간음압레벨차 (간막이벽)	D-45	D-40	D-35	D-30
바닥충격음레벨 (상하간바닥)	L-50	L-55	L-60	L-65
실내소음레벨 (실내기기)	35dB (A)	40 dB (A)	45 dB (A)	-

또한, 음악교실, 공작실 등의 특별교실에 관해서는 他 교실과의 관련여부 등에 따라 목표치가 설정되지만 他 소음원으로 부터와 他 교실과의 차음을 배려할 필요가 있다. 특히, 상담실과 같은 실은 대화의 내용이 다른 실이나 복도에 전달되지 않도록 하고 방송실, 녹음실 등에서는 확실한 음향설계가 필요한 경우도 있다.

3. 건축설계자가 고려해야할 음향상식

3.1 부지 및 배치계획

(1) 부지의 선정

도로, 철도, 항공로 등의 근처에서는 차음구조가 대규모가 되고 특히, 자연환기의 경우에는 그 대책이 대단히 곤란한 경우가 있기 때문에 가능한 조용한 부지를 선정한다. 예를들면, 주요도로와 부지 사이에 다른 건축물군이 세워지는

장소를 선정하는 등의 방법을 활용하면 좋다. 또한, 가능한 부지면적을 충분히 넓게 확보하여 건물배치 계획시 소음방지대책이 용이하도록 한다.

(2) 건물의 배치계획

실외부 소음에 대하여 충분히 고려한 건물의 배치계획은 건물의 필요 차음량을 적게하기 때문에 부지 외부와 내부의 소음원을 대상으로 건물과 건물내 실의 배치를검토하고, 그림 1과 같이 차음상 유리하게 되도록 배치한다.

또한, 학교건물 밖으로의 소음전파를 방지하기 위하여서는 옥외 운동장용 스피커의 종류, 위치 및 방향과 운동장에서 브라스 밴드등의 연주 등에 대해서도 고려하여 학교건물 주변의 주거지역 등에 피해가 가지 않도록 주의한다. 그림 2는 초등학교 체육관을 교실로부터 멀리 떨어지게 배치한 사례를 나타낸다.

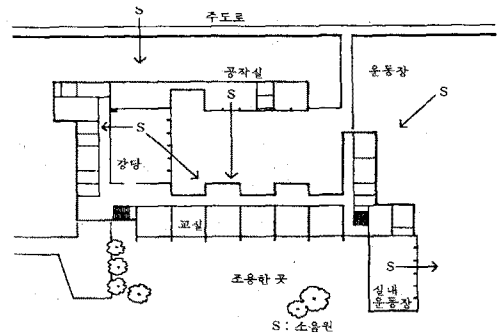


그림 1. 학교건물의 배치계획 사례

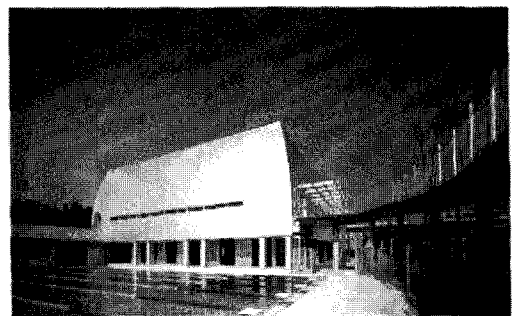


그림 2. 초등학교 체육관의 분리배치 사례

(3) 평면계획

학교내의 소음발생지역과 정숙을 요하는 지역을 학생들의 동선을 고려하여 적절히 분리하고 필요한 차음구조로 설계하여 설계목표치를 만족하도록 한다. 예를들면, 교실군과 특별 교실군을 상호 이격시키는 방안으로서 중간에 중정과 같은 완충 공간을 둘 수 있다.

학교 내의 실은 음환경 실태에 따라 대체로 다음과 같이 3가지로 대별할 수 있다.

- 첫째, 소음을 발생하는 실: 실험실습실(공작, 가정), 컴퓨터실, 기계실, 식당, 체육관 등
- 둘째, 소음도 발생하지만 조용함이 요구되는 실: 음악실, 강당, 시청각실 등

셋째, 조용함이 요구되는 실: 교실, 도서실, 방송실, 양호실 등

상기의 조건을 고려하여 평면계획시 각 실을 배치한다면 보다 경제적인 차음대책을 할 수 있을 것이다.

4. 학교건물의 각 부위별 음향설계방법

차음설계는 부지선정 단계에서부터 고려해야 하며 각 실의 요구성능도 표2와 같이 초기단계에서 결정토록 하고, 환기 등의 건축설비소음에 대해서도 고려하도록 한다. 특히, 강당, 녹음 스튜디오 등은 전문적인 음향설계 검토가 요구된다.

표 2. 설계 계획대상별 계획단계에서 음향적 검토사항

계획대상	계획과정	발생원 발생장소	부지선정 방침	배치평면계획상의 대책	공구법상의 대책	설비계획상의 대책	비고
건물 내부	소음피해를 받는 실의 경우	양호실, 도서실, 방송실, 시청각실, 음악실	-	발생원이 적은 것을 선정하여 이격시킨다	벽체 및 바닥의 차음성능을 높이고 실내흡음력 증대	방방환기설비, 방풍원칙으로 설계	피해실과 가해실이 있기 때문에 주의 요망
	소음을 발생하는 실의 경우	체육관, 실험실, 습실(공작, 가정), 음악실, 급식실	-	상동 및 진동을 동반하는 것이 많기 때문에 배치를	방진바닥구조, 차음벽, 차음셔틀 등의 이용	환기, 배기설비 설계	고체 전달음과 자체실의 음레벨에 주의 요망
실내	내부소음이 큰 실의 경우	체육관, 실험실, 습실(공작, 가정), 급식실	-	실체적을 줄이고 흡음면을 넓게 처리	바닥등의 뎀핑, 실내흡음력 증대	발생음이 적은 기기 선정	체육관의 바닥음 및 공작기계음이 문제
	실내음의 반향이 문제되는 경우	강당, 음악실, 시청각실, 방송실, 교실	-	충분한 체적을 확보하고 확산성이 좋은 실험대 계획	적당한 흡음력을 확보하고, 방음도 주의요	확성장치 이용	특히, 체육관 겸용의 강당 및 open plan 교실의 경우 문제 발생 많음
부지 외부	소음을 학교가 받는 경우	간선도로, 고속도로, 철도, 항공기, 공장, 건설공사 등	발생원을 근접하고 충분한 거리가격	운동장 등 소음에 강한 부분에 배치	필요에 맞는 이중 샷시 이용	소음대책상, 소음밀폐구조가 불가피한 경우에는 냉난방 환기설비 계획	도로소음은 연속성이며, 항공기 소음은 피크레벨이 문제
	소음을 학교가 발생하는 경우	통학로, 운동장, 특별교실, 수영장, 체육관	주위에 도로가 있고 극단적으로 조용하지 않은 장소	발생원을 멀리 배치하고 교사동으로 차폐	상동의 방음벽 등의 설치	교정의 스피커 교내측으로 배치	교정, 운동장소음, 특히, 스피커음이 문제
부지 내외	소음을 건물이 받는 경우	운동장, 교정	충분한 면적 확보	발생음이 적고 소음에 강한 건물로 차폐	필요에 맞게 차음성 향상	-	일반적으로는 문제가 되지 않음
	소음을 건물에서 발생시키는 경우	통로, 운동장, 체육관, 특별교실, 설비 기기	충분한 면적 및 고저차 이용	발생원 건물에서 중정 모양으로 위쪽에는 형태를 포함	체육관 등 소음발생 건축물의 차음성을 높이고, 차음소음기(silencer)부착 등	발생소음이 설비 선정	외부보다도 내부에서 문제 발생

1) 건물외피의 차음

외부벽체, 창,의 필요 차음량은 벽면에 입사하는 옥외소음레벨이 결정하지만, RC조의 경우에는 창 등의 개구부에 대해서만 고려해도 좋다. 자연환기의 경우에는 특히, 부지의 선정, 건물의 배치계획, 평면계획이 중요하다

2) 내부 간막이벽체의 차음

보통교실이 인접한 경우에는 교사의 육성만을 대상으로 한 경우와 스피커의 사용이나 음악, 체육, 실험실습(공작,가정) 등에 의해 비교적 큰 발생음이 발생한 경우에는 차음대책이 상이하다. 실제로는 복도측의 창, 난간 등이 개방되어 있기 때문에 이러한 부위를 통한 소리의 전달을 적게 하기 위해서는 복도의 천장은 흡음성을 갖도록 계획한다.

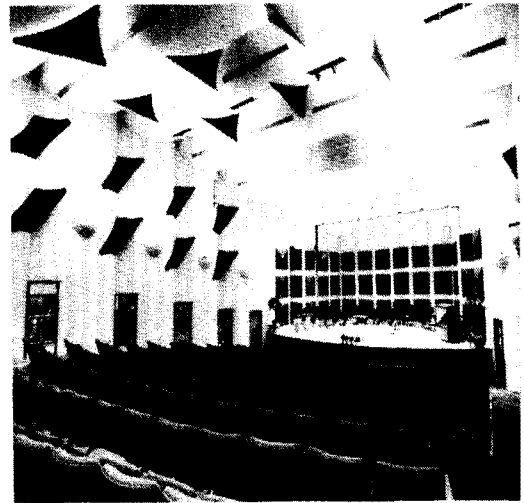
3) 바닥의 차음

바닥의 차음에 대해서는 상층 또는 하층에, 특히, 발생음이 큰 실이 배치되지 않는한 통상의 RC조 교실에서는 공기전달음의 문제가 일어나는 일은 적지만 상층부로부터의 바닥충격음에 주의할 필요가 있다. 즉, 상층의 보행, 책걸상의 이동, 복도나 계단의 보행 등에 대해서 중량충격원 및 경량충격원의 고려가 필요하다. 체육관의 직하에 교실류가 배치되는 경우에는 슬래브의 지지조건 등 구조설계 단계에서부터의 검토가 요구된다

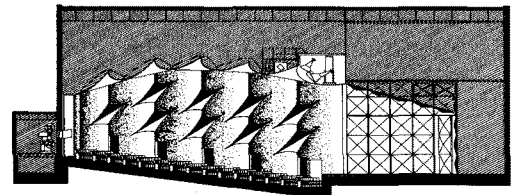
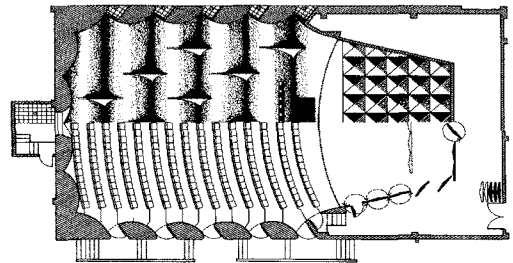
4) 실내 흡음

실내의 흡음은 실내 발생소음 및 외부로부터 들어온 소음을 저감하는 일과 실내음향적인 면에서의 대책 (예:교사의 육성을 듣기 쉽게 한다든가, 스피커 사용의 경우에는 하울링의 방지 등)을 목적으로 하며 설계상 중요 검토요소가 된다. 특히, 초등학교 저학년 까지를 대상으로한 개방형 교실운영 방식에서는 바닥면적을 넓게 두고 천장등을 흡음해야 하지만 필요에 맞게 사용할 수 있도록 표면을 흡음처리한 가동식(可動式) 간막이를 준비해 두면 편리하다. 이 간막이의 차음 성능은 보통 수 dB에서 10dB 정도이며, 거리감쇄를 고려하여도 최대 20dB 정도이다. 이러한 실내흡음은 교실뿐만 아니라 복도, 계단실, 체육관, 실내 수영장 등에 대해서도 충분히 고려토록 하며, 특히, 체육관과 강당의 경우에는 실내음향설

계와 전기음향설계를 반드시 시행하도록 하여 에코우나 하울링 등의 음향장애 현상이 발생하지 않도록 한다. 그림 3은 설계 초기단계부터 음향설계를 고려한 캐나다 온타리오에 위치하고 있는 학교의 음악당으로서 음악당의 전경과 평면 및 단면을 나타내며, 그림 4와 그림 5는 일본의 초등학교와 고등학교, 각 실의 음향설계 사례를 보인 것이다.

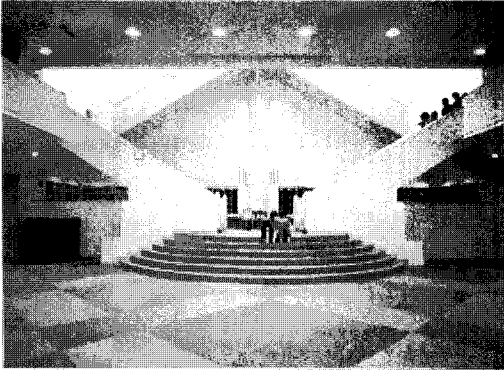


(a) 학교내 음악홀의 전경



(b) 음악홀의 평면 및 단면

그림 3. 학교내 음악홀(Canada, Aird Centre)의 음향설계 사례

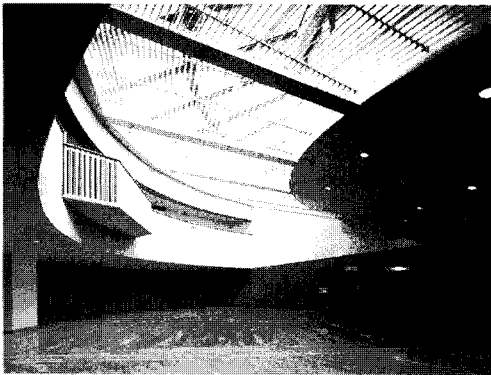


(a) 다목적공간(천장, 바닥)의 흡음처리



(b) 강당의 음향설계

그림 5. 고등학교(일본, 동경도립청해종합고)의 실내 음향설계 사례



(b) 강당(천장, 벽체)의 흡음처리

그림 4. 초등학교 건물(일본, 우에노)의 각실별 흡음처리 사례



(a) 도서관(천장)의 흡음설계

5) 기타 유의사항

- 연구실, 회의실, 응접실 등에서 건식 경량 간막이벽을 사용하는 경우에는 겹치는 이음부위에서 소리가 새어나가는 유무를 포함하여 실제 시공상태에서의 차음성을 확인해 둘 필요가 있다.
- 천장 등에 사용하는 흡음판은 외관만이 아니라 재료의 흡음율 값을 기준으로 선정하도록 한다.
- 교실의 문을 중량의 스틸제 개폐 도어를 사용코자 할 경우에는 흰지부분의 시공 검토와 함께 벽체와 맞닿는 부위에는 완충재를 반드시 설치하여 충격음의 소리를 저감토록 한다.
- 계단교실이나 교실의 면적이 큰 경우에는 스피커를 사용하는 일이 많기 때문에 다른 인접실에 영향을 미치지 않도록 주의한다.

5. “학교시설 음향설계기준”의 마련을 제안하며

학교시설의 음환경 문제는 최근 도심지 학교를 비롯하여 지방의 한적한 곳에 위치한 학교에 이르기까지 쾌적한 교육환경조성과 관련하여 자주 거론되고 있으며, 선별적으로는 심각한 교육장 해현상을 초래하여 사회문제가 되기도 하고 있다. 이러한 문제를 야기하는데는 건축가와 교육자,

건설업체, 교육부 등 관련정부기관의 책임이 모두 상존해 있다고 할 수 있다. 이 문제를 풀어가는 방안은 여러 가지가 있겠으나, 건축적인 측면에서는 우선, 쾌적한 음환경을 유지하기 위한 “학교 시설의 음향설계 기준” 마련을 정부기관 또는 관련학회 차원에서라도 추진하는 것이 무엇보다도 시급히 해결해야 될 숙제 일 것이다.

돌아오는 새천년, 환경의 세기를 맞이하여 이러한 음향, 빛, 공기, 열환경 등의 건축환경 요소기술들에 대한 기초 및 응용연구에 의한 기술력을 확보하고, 이를 실제 학교시설의 설계 및 건설에 적극적으로 수용하는 자세가 관련 산·학·연·관에 종사하는 분들에게 절실히 요구되는 시기이다.

참 고 문 헌

1. 조창근, 도시내 학교건물의 환경소음실태에 관한 연구, 석사학위논문, 1986.
2. 윤장섭, 건축음향계획론, 동명사, 1983.
3. 日本建築學會, 建築の騒音防止設計, 彰國社, 1991.
4. Edward McCue and Richard H. Talaske, Acoustical Design of Music Education Facilities, Acoustical Society of America, 1990.
5. Space Design, School Architecture, 9907, 1999.
6. M.David Egan, Architectural Acoustics, McGraw-Hill Book Company, 1988.