

경기장 음향 설비의 설계에 관하여

裴 曠 煥
(正 會 員)

(株)第一電波 技術擔當 常務

잠실의 메인스타디움에서 열렸던 아시안게임은 우리의 기억속에 영원히 남아있는 일이 되리라 생각된다.

이 스포츠의 제전은 올림픽에 비교되는 규모로써 4년마다 전아시아인이 참가하여 행하는 작은 올림픽이라 하여도 전혀 무리가 아닐 것이며 '88올림픽을 준비하고 있는 우리에게 크나큰 경험이 되었다고 생각된다.

특히 10만명의 수용능력을 갖고 있는 세계적인 대규모의 경기장에서 아시안게임의 꽃이라 할 수 있는 개회식 및 폐회식을 통하여 메머드 입체음향과 음상이동효과를 시도하여 성공적인 평가를 얻었음은 우리나라 음향공학의 개가로 생각된다.

사실상 경기장의 음향설비를 설계하기란 그리 간단하지 아니하며 복잡한 건축구조, 다양한 건축재질, 경기장 특유의 음향특성등 여러가지 변수가 있는 바 '88올림픽의 준비에 임하고 있는 시점에서 경기장 음향설비의 설계에 관한 것을 이야기하게 되었음은 실로 의의있는 일이라 생각된다.

경기장은 그 구조적인 면에서 개방공간, 폐쇄공간 및 반폐쇄공간등으로 나누어진다. 모두 음향학적인 관점에서 해석한 것이다.

실내체육관은 폐쇄공간에 해당되며 잠실에 있는 메인스타디움은 지붕이 특이한 구조를 갖고 있어 반폐쇄 공간에 해당된다. 또한 일반경기장은 개방공간에 해당된다.

경기장의 전기음향설계는 전기음향이 목적하는 바와 같이 관객석에서의 방송음 명료도 측면에서 고려되어야 한다.

일반적으로 대개의 옥외 경기장에 대한 전기음향설계는 비교적 단순한 편이라 할 수 있으나 실내체육관의 경우에는 건물의 고유한 실내 음향특성이 음향의 질을 좌우하는 변수로 작용하기 때문에 옥외 경기장과는

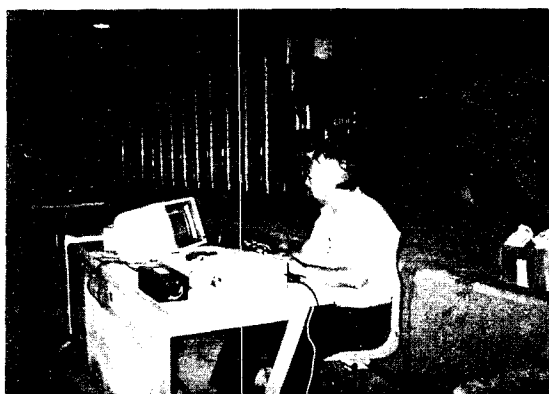


그림 1. 아시안게임의 음향장비를 컴퓨터로 체크하는 필자

크게 다르다.

건축물의 음향특성은 건축물의 형태와 구성재료의 음향특성 및 규모에 의하여 결정되어진다. 그러나 건축물의 음향특성을 분석하기란 대단히 어려운 일이며 몇가지 이론이 있으나 대부분이 그 자체가 정확성을 이야기하는 이론적인 흥미 이상의 의미는 없는 것으로 실제에 적용하기란 정말 힘든 일로 되어진다.

건축음향과 전기음향과의 관계를 성립시켜 분석하는 방법으로 기하학적 분석방법이 많이 쓰이고 있는 바 이는 확산음장이론에 근거한 근사법에 해당되며 비교적 적용하기 쉬운 방법이다.

음파는 진행경로에 위치하는 장애물에 의하여 반사되기도 하고 회절되기도 하며 또 일부는 흡수 내지 투과되어 버린다.

음파에 대한 장애물이란 면적을 갖고 있는 물체를 이야기하고 있지만 경기장의 경우에는 관객이 중요한 장애물이 되는 경우가 허다하다.

일반적으로 오목하게 들어간 형태의 면은 반사에 의하여 음이 초점을 형성하며 불룩하게 나온 형태의 면은 음을 확산시킨다. 또한 실내의 모서리 부분에 입사된 소리는 흔히 음원의 방향으로 되돌아 오는 특성을 갖는다.

실내 음향의 기하학적 분석방법은 음의 성질을 이용하여 음파가 전파되어 나가는 과정에서 음원에서 듣는 사람에게 직접 도달하는 직접음과 어떤면에서 반사되어 도달하는 제 1 차 반사음에 대한 경로를 기하학적으로 도시하여 분석하는 방법이다. 이 방법에 의하면 파동진행을 기하학적으로 분석함으로써 음장 형성과 분포특성을 시각적으로 평가할 수 있다.

대체적으로 이 방법은 높은 주파수의 음에 대하여는 비교적 신빙성 있는 자료를 얻을 수 있어 건축음향의 설계과정에서 유일한 데이터로 활용되고 있다.

그러나 이 방법자체가 근사법에 해당되어 절대성이 큰 것이 아님을 고려하여야 한다.

실내음향의 성상을 기하학적으로 도시하여 설명하면 다음과 같은 음장의 특성들을 나타낼 수 있다.

1. 음원으로부터의 전달거리에 따른 자연감쇄
2. 좌석의 관중에 의한 흡음
3. 벽면에 의한 흡음
4. 직각면에서의 반사음
5. 제 1 차 반사음
6. 음의 초점형성
7. 반향 및 정재파
8. 음의 투과
9. 모서리 부분에서의 음회절

그림 2에 실내의 음분포성상을 기하학적으로 도시했다.

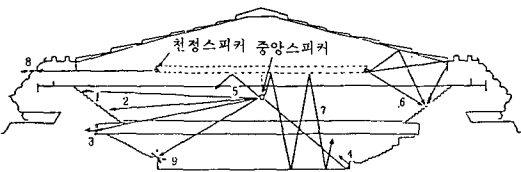


그림 2.

음원을 출발하여 진행되는 음파는 장애물에 부딪칠 때마다 음향에너지의 일부는 장애물에 흡수되고 나머지는 반사하게 된다. 이와 같은 과정이 실내에서 진행되는 경우에 일단 반사된 음파가 계속하여 실내면에 입사되어 흡음과 반사의 과정을 계속하면서 음향에너

지가 소멸된다.

다시 말하면 음원의 출력이 중지된 후에도 서서히 음향에너지가 감쇄되면서 들리지 않게 된다. 이러한 현상을 잔향이라고 한다.

잔향특성은 주어진 실내의 면을 구성하고 있는 재질의 흡음특성과 단위시간에 반사를 일으키는 면의 수에 의하여 결정되며 이의 측정은 실내에 일정한 세기의 소리를 발생시켜 평형상태로 되어진 후에 음원을 정지시킨다. 이때 실내의 음향에너지밀도가 초기 평형상태 때의 값에 비하여 10^{-6} 이 되기까지 걸리는 시간을 그 실내의 잔향시간이라고 하며 RT-60이라 표기한다.

잔향이론에 대하여는 Sabine의 잔향이론과 Eyring의 잔향이론 및 Knudsen의 잔향이론이 있으나 실제에 있어서는 다소 모순점을 내포하고 있다. Eyring 및 Knudsen의 잔향식이 Sabine의 잔향식이 갖고 있는 모순을 보완하였다는 점에서 확산음장뿐 아니라 일반적인 실내음장에서든 매우 적합하다는 평이다.

실제에 있어서 잔향시간을 계산하기 위하여 수많은 데이터로 계산을 계속하여야 하는 것이 얼마전까지의 현실이었으나 이제는 개인용 컴퓨터에 의해서도 비교적 정확한 잔향시간을 주파수별로 간단히 구할 수도 있게 되었으며 실제 아시안게임을 위한 음향설비의 설계시에 크게 활용되었다.

일반적으로 실내체육관은 쉼새공간에 해당된다고 하였다. 즉 벽으로 완전히 둘러 싸인 공간으로 해석된다. 이와 같은 벽의 모양을 경계조건이라 칭하며 경계조건의 성질에 따라 잔향특성은 크게 좌우된다.

대체적으로 실내체육관의 경계조건은 음향적 측면에서 양호한 것으로 보기 어렵다. 경기장의 나무로 된 마루바닥, FRP로 된 객석의자, 음향처리가 되어지지 아니한 콘크리트면, 철재류의 지붕, 유리로 된 창등 어느것 하나 높은 흡음율을 갖고 있는 재질로 된 것이 없다.

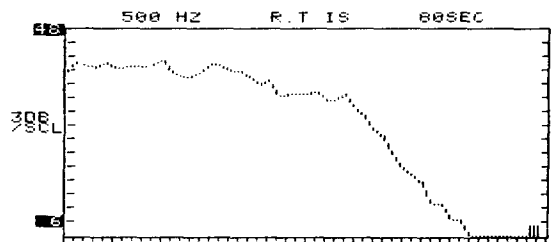


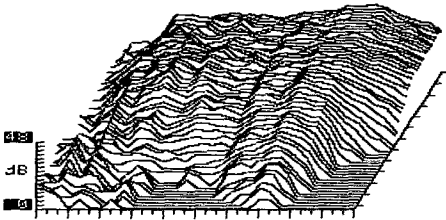
그림 3. Reverberation graph

따라서 긴 잔향시간이 따르게 마련이며 관중석의 관중에 의한 흡음을 기대하려 하여도 전체적인 면적비에서 고려할 수 없음을 명백한 사실이다. 긴 잔향시간은 명료도를 저하시키며 직접음과 지연된 반사음과의 시차에서 발생하는 반향시간도 명료도를 저하시키는 요인으로 등장한다.

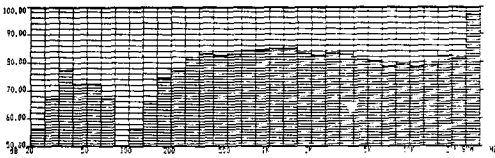
건축재료나 흡음재료의 특성을 살펴보면 재료에 따라 흡음율이 각각 다르고 동일재료에서도 주파수별로 각각 다르게 나타난다. 이런 근거에 의하여 건축물의 음향특성도 측정지점과 주파수에 따라 각각 달라질 수밖에 없으며 특히 반사특성은 그 대표적인 예이다.

그림 4는 음향반사 특성을 컴퓨터로 측정하여 하-드 카피한 것이다.

SIGMA SYSTEM SPECTRUM ANALYZER IV



3- DIMENSION REVERBRATION GRAPH



FREQUENCY-AXIS AVERAGE = 76.766129dB

20Hz = 56.00	25Hz = 67.00	31.5Hz = 77.50	40Hz = 72.25	50Hz = 72.25
63Hz = 67.00	80Hz = 50.00	100Hz = 56.00	125Hz = 65.50	160Hz = 74.50
200Hz = 77.00	250Hz = 81.75	315Hz = 83.75	400Hz = 82.75	500Hz = 83.25
630Hz = 84.00	800Hz = 84.75	1KHz = 85.00	1.25KHz = 85.00	1.6KHz = 83.50
2KHz = 82.75	2.5KHz = 83.50	3.15KHz = 83.25	4KHz = 81.00	5KHz = 80.50
6.3KHz = 78.50	8KHz = 79.50	10KHz = 78.75	12.5KHz = 79.25	16KHz = 82.25
20KHz = 81.75	SUM = 97.00			

그림 4.

잔향시간은 청취 명료도를 높이기 위하여 짧은 것이 요구됨은 사실이다. 그러나 아주 짧은 것은 명료도의 손상은 없으나 지나친 흡음현상으로 불쾌감을 느끼게 하여 음향 환경적인 면에서 그렇게 바람직한 것으로 보기 어렵다.

이와 같은 음향학적인 요건은 건물의 용도에 따라 달라지게 되며, 그때 그때의 상황에 따라 달라지게 된다.

음악연주의 용도에 쓰이는 건물이라 하여도 연주되는 음악에 따라 달라지게 된다. 예를들면 독주음악에 비하여 앙상블의 연주는 조금 긴 잔향이 요구되며 바로크음악에 비하여 후기 낭만파 음악이 더 큰 잔향을 필요로 한다. 특히 울개의 연주에는 상당히 긴 잔향이 요구되며 극히 짧은 잔향의 음장에서는 울젠음악의 맛을 잃어 버리게까지 할 수도 있을 것이다. 즉 콘서트 홀은 일반적으로 명확성보다 입장감의 비중이 큰 반면에 대사를 취급하는 영화관 같은 곳에서는 입장감보다 명확성에 비중을 두는 것과 같다.

근래에 와서 실내체육관에서 체조경기처럼 음악을 필요로 하는 경기가 진행되고 있는 경우가 많은 것을 볼 수 있다. 이러한 경기는 선수의 울동만이 아니고 음향환경이 관중에게 중요한 작용을 한다는 점에서 보고, 듣고, 즐길 수 있는 쾌적한 음향환경을 실내체육관의 설계에 반영하여야 할 것이다.

사실상 실내체육관은 경기뿐 아니라 강연회, 종교행사, 팝 페스티벌 등 실로 다목적으로 이용되고 있다.

건물의 용도에 따라서 요구되는 음향 특성은 다르다. 아직까지는 건물이 준공된 후에 실제측정하고 평가할 수 있는 기준은 잔향에 의하여 참고사항으로 주파수별 반사특성을 들 수 있으나 잔향에의 의존도가 훨씬 크다고 본다.

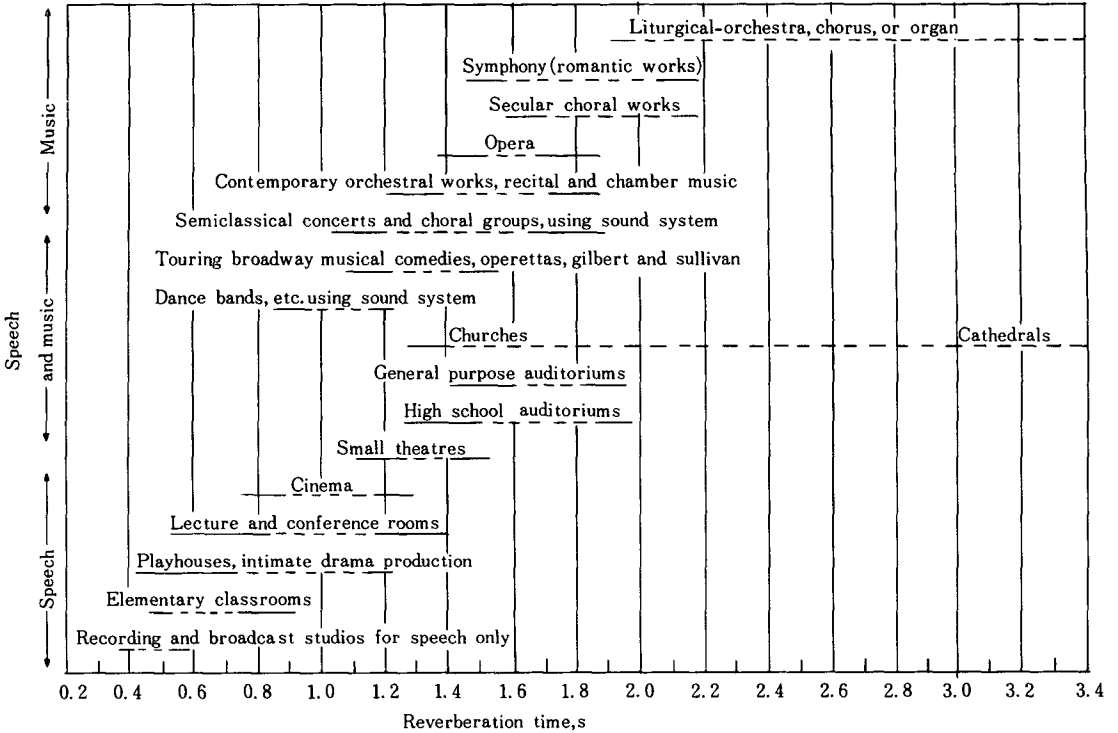
건축물의 용도에 따른 적합한 길이의 잔향시간을 최적잔향시간이라 하며 실내용적에 다소 비례한다.

그림 5는 용도별 용적에 대한 최적잔향시간을 도시한 것이다.

소리는 사실상 우리가 느낌으로 알고 있는 것보다 훨씬 느린 속도를 갖고 있는 바 0℃에서 331.5m의 초속을 갖고 있으며 상온은 1℃에 0.6m씩의 비례로 증가한다.

실내체육관처럼 넓은 공간을 갖고 있는 실내에서의 음향은 음원으로부터의 직접음, 마루, 천정, 벽등에서 반사되어 오는 1차 반사음, 2차 반사음, 3차 반사음, 4차 반사음.....등의 여러가지 음향요소가 있다. 물론 직접음만으로 형성되는 음향만이면 명료도는 더할 것이 없겠으나 반사음이 반드시 따르게 마련이며 소리가 우리의 느낌으로 알고 있는 것보다 훨씬 느린 속도를 갖고 있다는 점에서 직접음과 반사음사이의 시차가 문제가 되어진다.

사람은 음향적인 시차를 20분의 1초이상의 경우는 느끼는 것으로 되어 있다. 20분의 1초의 시간에 소리는 상온에서 초속 340m라 할 때 17m의 거리를 진행한다. 이러한 관점에서 음원을 여러개로 하였을 때



Optimum reverberation (at 500 to 1,000Hz) for auditoriums and similar facilities for speech and music. (After Russell Johnson)

그림 5.

음원간의 거리에 의하여 관중석에서 시차를 느끼게 할 경우도 있으므로 설계시 이를 명심하여야 한다.

또 단일음원의 경우라 할지라도 직접음과 1차 반사음과의 진행거리의 차이가 17m를 초과할 때에 반사음의 음압준위가 비교적 높은 경우에는 명확하게 2개의 음향으로 들리게 됨도 설계시에 고려하여야 한다.

1차 반사음에 대한 처리기법은 여러가지가 있으나 몇가지를 소개하면, 직접음과의 진행거리의 차이를 17m보다 훨씬 적게 줄이는 음원의 위치선택, 직접음과의 진행거리를 17m보다 아주 길게하여 진행에 의한 자연감쇄를 시키는 방법, 직접음보다 반사음의 음압준위를 10dB이하로 하는 방법, 반사음의 경로에 차음재를 설치하는 방법등이 있으며 이외에 여러 방법이 있다.

1차 반사음의 처리기법중 직접음과의 음압준위를 10dB이하로 하는 방법은 음향적인 생리현상에서 작은소리는 큰소리에 의하여 들리지 아니하게 되는 현상을 말하는 것으로 이는 본능적으로 사람이 자기주장을 할 때 다른사람보다 더 큰소리로 말하려 하는 것과 같다.

이와 같은 현상을 마스킹 현상이라 하며 최소한계는 9dB정도로 해석되고 있다.

대개 경기장은 소음이 큰편에 해당된다. 전기음향의 설계시 소음준위가 음향기기의 규모를 좌우하는 요건이 된다.

옥외경기장과 실내경기장은 서로 소음조건이 다르다 하겠으나 관중이 환호하는 경우를 생각하면 대체적으로 80dB이상의 소음준위를 갖는 것으로 해석하면 타당할 것이다.

소음준위가 80dB이상이라고 한다면 마스킹 현상을 고려할 때에 90dB이상의 음압준위를 갖는 음향을 들을 수 있게 하지 않으면 곤란함도 알 수 있게 될 것이다.

여기까지 전기음향의 설계에 고려되어야 할 소리의 성질중 가장 비중이 큰 것들을 골라 설명하였다.

이외의 여러가지 고려하여야 할 하드웨어적인 것에 대하여는 기회가 있는 대로 설명하기로 하고 지면관계상 이것으로 끝마치겠다. *