

# 과학으로 짓는 수준 높은 콘서트홀

글 | 성평모 \_ 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 교수 kmsung@acoustics.snu.ac.kr

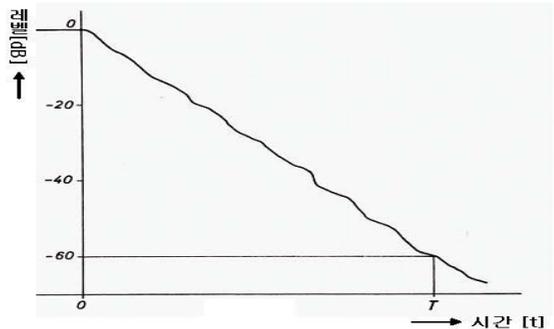
지난 호에서는 세계적으로 유명한 3대 콘서트홀에 대해 알아보았다. 이번 호에서는 콘서트홀 음향에 관한 과학적인 측면에 대해 살펴보기로 한다.

## 좋은 콘서트홀의 조건 1 - 잔향

콘서트홀을 비롯한 공연장의 음향에서 제일 중요한 것이 무엇이나고 묻는다면, 아마도 대부분의 음향학자들은 '잔향'이라고 대답할 것이다. 잔향이란 어느 실내에서 소리를 내고 있던 음원이 정지한 후에도 실내 공기 공간에 축적되어 있던 소리 에너지가 완전히 사라질 때까지 소리의 여운을 남기는 현상이다.

지난 호에서 언급한 바와 같이 실내 음향학의 창시자인 미국의 셰이빈 교수는 실내 음향학에서 가장 기본이 되는 잔향공식을 만들었다. 그는 실내에서 음원이 정지한 후 60dB, 즉 소리의 세기가 100만분의 1로 줄어드는데 걸린 시간을 잔향시간으로 정의하고 단위는 초로 표시하게 하였다. 그 공식에 따르면 잔향시간은 실내 공간의 공기 부피에 비례하고, 벽이나 바닥 등 실내 표면에서 소리를 흡수하는 흡음능력에 반비례한다. 이치적으로 보면 실내 공간의 공기에 소리 에너지가 축적되었던 것이 잔향을 제공하는 에너지원에 해당하므로 공기 부피에 비례하고, 벽에서의 소리의 흡수는 이와 반대되는 현상이므로 반비례적으로 잔향시간을 짧게 하는 것이 당연하다.

공연장 또는 방의 용도에 따라 그간의 연구와 경험에 의한 최적의 잔향시간이 알려져 있다. 교향악단의 연주에는 잔향시간 2초 정도가 최적으로 되어있으나, 강의실이나 회



잔향 시간 그래프

의장처럼 언어를 이해해야 하는 것이 중요한 곳에서는 음성의 명료도를 위해 0.7~1.1초로 보다 짧은 것이 요구된다. 오페라하우스는 음성과 기악음악이 함께 존재하여 잔향시간 1.5~1.8초가 적합한 것으로 알려져 있으며, 실내악의 경우도 투명한 명료도가 어느 정도 요구되어 1.4~1.7초 정도가 좋은 것으로 되어있다.

잔향시간 이외에 콘서트홀의 음향을 과학적으로 논의하는 데에는 친근감(친밀감), 생동감, 따뜻함, 명료도, 확산도(균일도), 블렌드, 앙상블, 공간감 등 많은 전문적인 용어들이 등장하고, 이 중의 많은 것들은 자연과학이나 공학의 다른 분야에서와 마찬가지로 정량적인 정의가 되어 있다. 일본의 어느 음향학 교수는 이와 같은 실내음향학의 척도를 모두 수집하여 나열하였는데, 그 숫자가 무려 108가지나 되었다. 좋은 콘서트홀이 되려면 이 108가지 항목을 모두 체크하여 합격해야 된다는 말인가? 그것은 그야말로 불교에서 말하는 108번뇌가 아닌가? 그러나 그 108가지가 모두 독립적인 것이 아니고 상호 상관관계가 많은 것들도 다수 포함되어 있기 때문에 과히 골치 아프게 생각할 필요는 없을 것이다.



제주도 용천 동굴 탄산염 석화

### 좋은 콘서트홀의 조건 2 - 친근감(친밀감)

앞에서 몇 가지 용어를 소개한 것 중에서 친근감(또는 친밀감)은 음향학적으로 듣는 이가 배제당하지 않는 느낌이다. 수량화된 표현으로는 직접음 도달 후 20ms(즉 0.02초) 이내에 첫 번째 반사음이 도달해야 친근감이 생긴다고 알려져 있다. 20ms를 소리의 진행거리로 따지면 약 6.8m가 되므로, 음원과 수신자를 이어주는 직접음의 진행거리보다 6.8m 이내의 거리를 갖는 첫 번째 반사음의 경로가 존재해야 한다는 것이다. 같은 홀 내에서도 벽이나 천장으로부터 긴 거리에 있는 좌석에서는 이것이 보장되지 않는 경우가 허다하다.

다음으로 따뜻함은 우리가 음악을 들을 때 따뜻하고 푸근하게 느끼는 감정을 말하는데, 튜바나 더블베이스와 같은 저음 악기들의 소리가 충실할 때 따뜻하게 느낀다고 알려져 있다. 이것이 보장되려면 물론 교향악단 편성 자체가 저음부를 충실하게 하여야 하겠지만, 실내 음향학적으로는 저음부의 흡음을 적게 하여 잔향시간이 500Hz 이하에서 낮은 주파수 영역으로 내려갈수록 점점 길어져서, 예를 들면 200Hz에서는 500Hz 비해 1.1배, 100Hz에서는 1.3배와 같이 되게 하는 것이 좋다고 한다.

### 좋은 콘서트홀의 조건 3 - 확산도

또한 콘서트홀에서 기본적으로 중요한 것은 확산음장을 형성하기 위한 확산도이다. 확산음장이 생성되려면 콘서트홀의 어느 한 수신점에서 음원으로부터 도달한 직접음과 여러 차례의 반사음들이 들어오는 방향이 공간상에서 균일하게 모든 방향으로부터 와야 한다. 이것이 가능하려면 벽이나 천장의 형태가 불규칙적일수록 좋다. 우리가 매년 초 TV를 통해 시청하는 신년음악회는 오스트리아 빈의 악우



제주도 용천 동굴 탄산염 중유석

협회 황금 홀에서 열리는데, TV화면을 자세히 보면 천장이나 벽의 장식이 음파를 여러 방향으로 흩뜨려서 반사하기에 적당하다는 것을 알 수 있다.

필자가 확산음장을 이야기할 때 빠트리지 않는 것이 있다. 그것은 바로 천연동굴이다. 잘생긴 천연동굴은 그 벽 모양이 매우 불규칙적이어서 확산음장을 만들기에 아주 적당하다. 오래 전의 이야기지만 필자의 이런 주장에 고무되어 실제로 제주대의 테너 현행복 교수가 제주의 천연동굴에서 10년 이상 동굴음악회를 성공적으로 개최하고 있으며, 외국에서도 간혹 동굴 콘서트가 열리기도 한다. 확산음장이 형성되면 자동적으로 콘서트홀 내의 에너지 밀도가 균일하게 되어 좌석에 따른 음압레벨(소리의 물리적인 크기를 데시벨 단위로 수치화한 양)의 차이가 없게 되고, 또한 공간감을 높여주는 좋은 역할도 한다.

### 좋은 콘서트홀의 조건 4 - 앙상블

앙상블이라 함은 좋은 앙상블이 되기 위한 음향학적 조건을 말하는 것인데, 더 구체적으로 얘기하면 교향악단 100여 명이 모두 다른 파트의 소리를 충분히 잘 들을 수 있게 해야 한다는 것이다. 이것이 실현되려면 무대의 천장면이 잘 반사하게 하고, 지휘자가 마주보는 뒷벽도 반사가 풍부해야 한다. 이렇게 되면 제 1 바이올린 주자들이 첼로나 목관악기, 금관악기 등의 소리를 모두 잘 듣게 되고, 좋은 앙상블이 될 수 있다는 것이다.

필자가 경험한 바에 의하면 자주 최악의 앙상블을 만들어 놓은 경우가 많다. 이는 학교 강당이나 구민회관과 같은 다목적 홀에서 많이 발견할 수 있는데, 무대의 뒷벽, 즉 지휘자가 마주 보는 벽은 두꺼운 커튼으로 장식하여 심하게 흡음이 되고, 천장에는 각종 조명기구가 설치되어 울리고



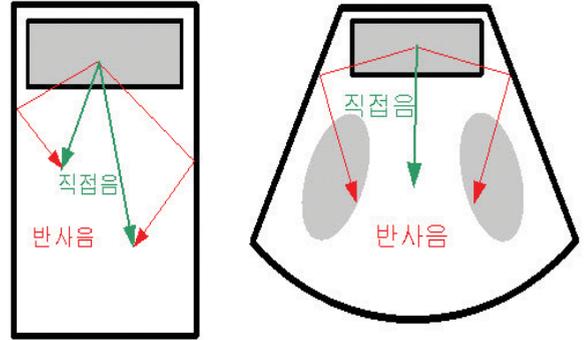
제주도 용천 동굴 천장 모습

내릴 수 있는 슬리트 구조가 되어 소리를 잘 흡수하고, 무대의 양쪽 측벽은 출연자의 입장, 퇴장을 위한 통로와 그 사이에 멧있는 커튼을 설치하여 역시 양쪽 측벽도 소리를 삼켜 버린다. 이런 무대에서는 세계 제일의 지휘자와 교향악단도 좋은 연주를 할 수 없다. 연주가 도대체 흥이 나지 않기 때문이다. 그래서 이런 다목적 홀에서 교향악단이 연주하려면 오케스트라 셸의 설치가 필수적이다. 오케스트라 셸의 가장 간단한 형태는 야외음악당 무대 위의 조개 모양의 지붕에서 유래하였으나, 다목적 홀에서 탈착이 가능하게 만들어진 것을 전문적으로 공급하는 회사도 있다. 이것은 단지 앙상블만 좋게 하는 것이 아니고, 친근감, 확산도, 공간감 등 여러 가지 다른 요소에도 긍정적인 영향을 준다.

**좋은 콘서트홀의 조건 5 - 공간감**

공간감이란 우리가 눈을 감고 소리를 음미할 때에도 소리 에너지가 입체적으로 전체 공간으로부터 들어오는 것을 느끼는 감각이다. 확산도가 올라감에 따라 공간감이 높아지는 것은 사실이지만, 공간감은 복합적인 것이어서 다른 요소들도 공간감 형성에 기여할 수 있다. 오디오 재생시스템의 역사에서 보면 모노 시스템에서 스테레오 시스템으로 바뀌면서 공간감이 혁신적으로 바뀌었고, 그것이 오늘날 5.1 채널 홈시어터 시스템이 되면서 다시 한 번 비약적인 개선을 이룩하였다는 것을 모든 독자들이 쉽게 이해할 수 있을 것이다.

확산도 이외에 공간감에 크게 기여하는 것으로, 초기 측면반사음이 있다. 수신자의 양쪽 측벽으로부터 직접음 다음에 반사음들이 충분히 존재하면 공간감이 많이 향상되어 듣는 이가 매우 기분 좋게 느낀다는 것이 알려져 있다. 기하학적인 형태로 보면 구두통 모양의 직사각형 기본형의 홀에서



측면 반사음 비교 - 직사각형 형태의 콘서트홀(왼쪽), 부채꼴 형태의 콘서트홀(오른쪽)

는 대부분의 좌석에서 초기 측면반사음이 충분하다. 그러나 경제적인 이유로 2차 세계대전 이후에는 보다 많은 청중석을 마련하기 위해 부채꼴의 기본형을 가진 콘서트홀들이 많이 출현하였는데, 이 때 양쪽 측벽의 모양을 평탄하게 만들면 측벽반사음이 도달하기 힘든 범위가 넓게 생긴다. 특히 무대 앞 중앙의 제일 비싼 표를 구입한 로열석의 청중은 측벽 반사음이 부족한 빈약하고 공허한 소리를 듣게 된다.

**현대 과학 활용해 좋은 콘서트홀 건축**

실내 음향학은 세이빈 교수가 시작한지 100여 년의 시간이 흐르면서 어느 정도 완성된 체계를 갖게 되었다. 모델 실험을 통해 콘서트홀을 짓기 전에 음향을 체크할 수도 있고 근래에는 정확한 도면과 마감 재료의 리스트만 가지고도 실제로 건축 후의 어느 구체적인 좌석에서 소리가 어떻게 들릴지 미리 들려 줄 수도 있게 되었다.

선진 외국의 경우에도 모든 콘서트홀이 모두 만족스러운 것은 아니다. 그러나 현대의 과학을 적용하고 실험을 기울인다면 지방의 어느 중소 도시에도 좋은 공연장을 만들 수 있는 시대가 되었다. 다행스럽게도 많은 지방자치단체들이 지역의 문화예술 창달을 위해서 콘서트홀이나 다목적 홀들을 많이 짓고 있다. 현대의 과학을 잘 활용하여 같은 비용을 들이더라도 질적으로 수준 높은 공연장들이 지어지길 기대해 본다. 



글쓴이는 독일 아헨공대에서 음향공학 박사학위를 받았다. 아헨공대 음향공학연구소 연구원, 서울대 뉴미디어 통신연구소 소장, 한국음향학회 회장, 대한전자공학회 회장 등을 지냈다.