

문화회관의 전기음향 시스템 설계 및 성능 평가

Sound System Design and Evaluation of A Concert Hall

강성훈 / 대전보건대학, ksound@tjhealth.ac.kr

1. 서론

본 고에서는 문화회관의 실내음향과 전기음향 시스템의 특성을 측정 평가하고, 문제점을 파악하여 음향 설계 및 시공 결과에 대해서 기술한다.

2. 음향 측정 및 분석

2.1 음향 측정

음향특성 측정은 무지향성 스피커를 무대 중앙에 설치하고, 수음 마이크로폰은 각 측정 지점에서 바닥으로부터 1.2m 높이에 위치시키고, MLSSA 분석기를 이용하여 측정하였다. 실내음향 특성을 측정한 경우에는 무지향성 스피커를 이용하였으며, 전기음향 시스템과 실내음향 특성을 측정한 경우에는 MLS 잡음을 음향 시스템에 입력하여 측정하였다. 음향 측정 지점은 객석의 18지점 이다. 그림1은 12번 지점에서의 실내음향 임펄스 레스폰스와 전기음향 임펄스 레스폰스를 나타낸다. 실내음향은 반사음이 거의 없는 것을 알 수 있다. 그러나 전기음향 시스템의 임펄스 레스폰스에서는 많은 반사음이 존재하고, 또 아주 큰 에코도 관측되고 있다. 이 점으로부터도 전기음향의 특성이 좋지 않은 것을 짐작할 수 있다.

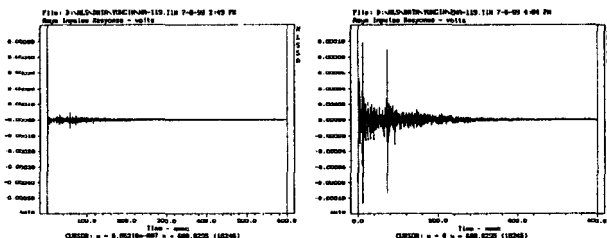


그림1. 12지점에서의 실내음향(좌)과 전기음향(우)의 임펄스 레스폰스

2.2 실내음향과 전기음향의 특성 비교

그림2는 실내음향과 전기음향 시스템을 포함한 잔향 시간을 비교하여 나타낸다. 일반적으로 전기음향 시스템의

지향성을 적절하게 조절하면 실내의 반사음이 줄어드는 경향이 있지만, 그림에서 알 수 있는 것과 같이 두 경우의 잔향시간이 거의 비슷하거나 오히려 더 늘어나는 경향이 있다. 이것은 전기음향 시스템의 설계가 적절하지 못하여 반사음이 더 증가된 것으로 해석할 수 있다.

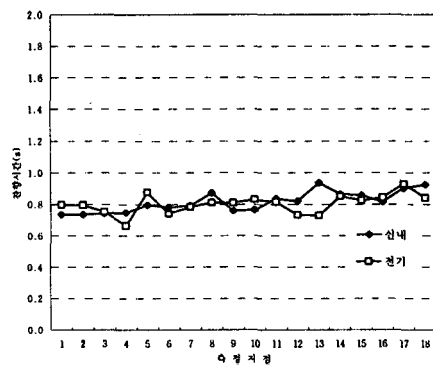


그림2. 각 지점에서의 잔향시간

그림3은 실내음향과 전기음향 시스템을 포함한 D-value를 비교하여 나타낸다. 일반적으로 전기음향 시스템의 지향성을 적절하게 조절하면 D-value가 증가하여 명료도가 증가하지만, 음향 시스템을 사용함으로써 오히려 명료도가 더 나빠지는 경향을 나타내고 있다. 이것은 전기음향 시스템의 설계가 적절하지 못하여 반사음이 더 증가된 것으로서, 앞에서 설명한 잔향시간 관측 결과와 비슷하다.

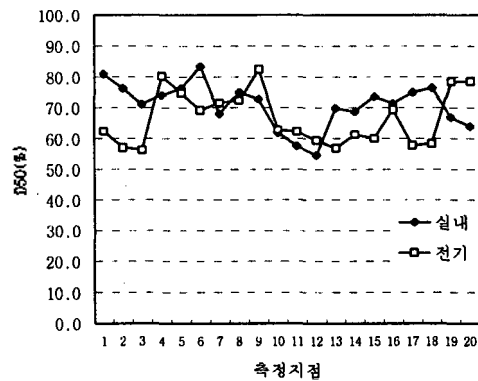


그림3. 각 지점에서의 D₅₀값

그림4는 실내음향과 전기음향의 RASTI를 서로 비교한 것이다. 전기음향 시스템의 명료도가 오히려 더 떨어진 것을 볼 수 있다.

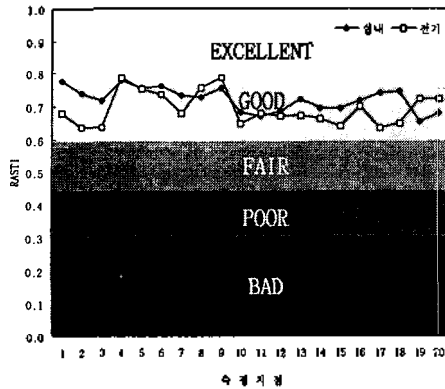


그림4. 각 지점에서의 RASTI

3. 음향 시스템의 설계

이상과 같이 여러가지 음향의 문제점을 개선하기 위하여 전기음향 시스템을 재설계하여 시공하였다. 여기에서는 음향 설계 결과에 대해서 기술한다.

음향 시스템의 성능 목표는 다음과 같이 설정한다.

- ① 주파수 특성 : 125~15,000Hz 에서 $\pm 3\text{dB}$ 이내
- ② 최대 재생 음압 레벨: 음성; 80dB 이상, 음악; 100dB 이상(왜곡 1%)
- ③ 음압 레벨 편차: $\pm 3\text{dB}$ 이내
- ④ S/N비: 70dB 이상
- ⑤ 명료도: RASTI 0.75 이상
- ⑥ 하울링 마진: 10dB

본 홀은 구조가 간단하고, 음향적으로 좋은 형태이므로 다음과 같은 순서대로 설계한다.

- ① 먼저 중앙 집중 방식을 적용하여 음향 설계를 시작한다.
- ② 스피커 시스템은 tri-amp 방식으로 설계한다.
- ③ 여러 좌석에서 직접음과 반사음을 계산하여 명료도를 검토한다.
- ④ 각 좌석에서의 음압 레벨 분포를 검토한다.
- ⑤ 음압 레벨 분포가 고르고, 명료도가 만족되면 컴퓨터 시뮬레이션으로 1kHz에 대해서 확인하여 정리한다.
- ⑥ 만약 명료도가 만족되지 않으면 분산 방식이나 혼합 방식으로 재설계한다.

설계의 목표는 기존의 음향 시스템을 최대한 활용하고, 프세세니움 스피커 방식과 스테이지 프론트 방식을

적용하여, 강연에서는 음성의 명료도가 최대가 되도록 하고, 음악 재생에서는 100dB 이상의 음압 레벨을 얻을 수 있으며, tri-amp 방식을 적용하여 최상의 음질이 얻어지도록 시스템을 설계하는 등 다목적으로 활용할 수 있는 시스템을 설계한다.

3.1 스피커 시스템의 설계

1) 배치 방식 및 설치 위치

중앙 집중 방식에서 음향적으로 최적의 결과를 얻기 위해서는 실내의 깊이가 바닥으로부터 스피커 어레이 높이의 약 3배 이하이어야 한다. 용인 문예회관은 이러한 건축 조건을 만족하므로 중앙 집중 방식으로 설계한다. 또한, 용인 문화 회관은 실내의 흡음률이 약 0.27로서 아주 데드하고 실내 형태가 좋은 편이므로 중앙 집중 방식으로 하여도 전혀 문제가 없는 것으로 판단된다.

그러나 프로세니움 스피커의 단점은 무대 가까운 좌석에서는 음상이 천정에 위치하고, 음압 레벨이 부족한 경우가 생긴다. 이러한 경우에는 스테이지 프론트 스피커를 사용하여 음압 레벨을 보강하고, 음상을 강연자의 방향으로 맞춘다. 스테이지 프론트 스피커는 고효율의 스피커가 필요하지 않으므로 플레인지 스피커를 사용한다.

2) 메인 스피커 시스템의 구성 방법

스피커 시스템은 그림5와 같이 트라이 앰프 방식을 사용한다. 스피커는 미드-하이 스피커인 JBL VS-2210-6 두 대와 우퍼 JBL VS125HS 두 대를 프로세니움에 설치한다.

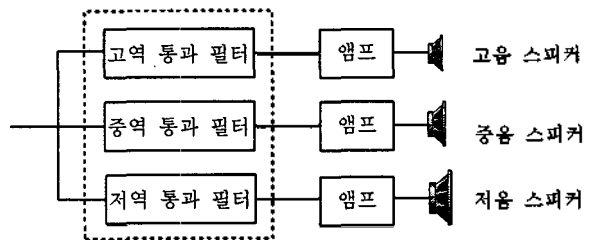


그림5. 메인 스피커의 트라이 앰프 방식의 구성도

이상과 같은 스피커를 사용할 경우의 각 스피커가 재생하는 음압 레벨에 대해서 계산해 본다. 저음 스피커는 감도가 102dB이고, 정격 입력이 1200W이므로, 1m 지점에서 132dB가 얻어지고, 20m 떨어진 지점에서는 26dB 감쇠되므로 106dB가 된다. 중음 스피커 감도가 108dB이고, 정격 입력이 250W이므로, 1m 지점에서 132dB가 얻어지고,

20m 떨어진 지점에서는 26dB 감쇠되므로 106dB가 된다. 또, 고음 스피커는 감도가 114dB이고, 정격 입력이 75W이므로, 1m 지점에서 132dB 얻어지고, 20m 떨어진 지점에서는 26dB 감쇠되므로 106dB가 된다.

멀티 채널 시스템에 대한 음향 합성 레벨은 (1)식으로 계산한다.

$$\text{전체 레벨} = L_i + 10\log(N) \quad (1)$$

여기에서 L_i 은 하나의 스피커의 최대 레벨(SPL)을 표시한 것이며, N 은 스피커의 수를 나타낸다. 106dB의 음압 레벨을 재생하는 스피커가 4대 이므로 전체 음압 레벨은 112dB(=106dB+10log4)가 되고, -6dB 커버리지 영역에서도 106dB가 되며, 음악을 재생하는 경우에도 충분한 음압 레벨이라고 판단할 수 있다.

3.3 음압 레벨의 계산

그림6과 같이 스피커의 정면 축을 객석의 2/3 지점을 향하는 경우에, 가장 가까운 거리는 10m(-6dB 커버리지)이며, 가장 먼 거리는 21m이다. 5지점에서의 음압 레벨을 계산하여 음압 레벨 분포를 검토한다. 계산 결과로부터 1층 좌석의 음압 레벨은 104dB~108dB이고, 편차가 ±2dB 인 것을 알 수 있다. 이상의 결과는 직접음만 고려한 결과이므로 실제로 잔향 음장에 의해서 2~3 dB 더 높아질 것이며, 음압 레벨 편차는 ±1dB 이내가 될 것이다.

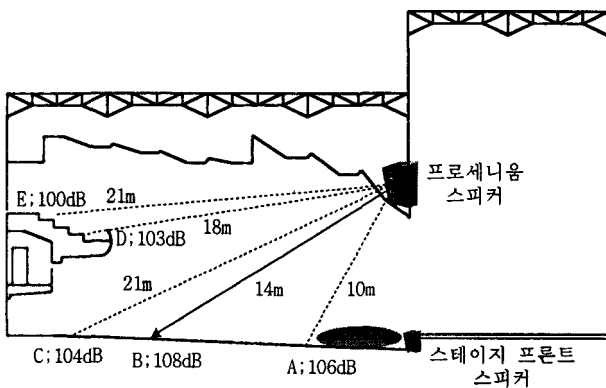


그림6. 각 지점에서의 음압 레벨 계산

2층은 가장 가까운 좌석과 제일 뒤 좌석에서의 음압 레벨은 100~103dB이며, 편차는 ±1.5dB로서 잔향 음장을 포함하면 전 좌석에서 음압 레벨이 거의 같을 것이다.

3.4 명료도 검토

다음에서는 대표 지점에서 명료도를 검토한다. 스피커의

지향 계수(Q)는 15이고, 홀의 실내정수는 1572이므로 임계 거리는 21.5m가 된다.

$$D_c = 0.14\sqrt{Q \cdot R} = 0.14\sqrt{15 \cdot 1572} = 21.5m$$

위에서 계산한 임계 거리는 스피커의 정면 축에서의 임계 거리이며, -6dB 축에서의 임계 거리는 21.5m의 절반인 11m가 된다.

따라서 스피커로부터의 모든 지점은 임계 거리 이내에 존재하므로 직접음 대 반사음의 비가 0dB 이상이 되므로, 잔향 시간 0.8초인 홀에서의 명료도는 전부 우수하다고 할 수 있다. 직접음 대 잔향음의 비와 잔향시간을 그림7의 Peutz 차트에 플롯트 하면, 모든 지점에서 '우수'의 명료도가 얻어지는 것을 알 수 있다.

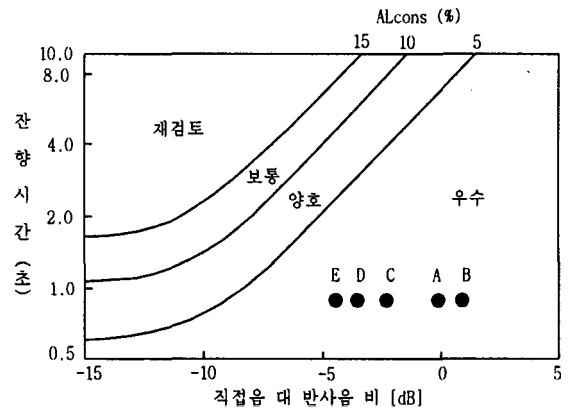


그림7. 각 지점에서의 명료도

3.5 음압 레벨 분포

그림8은 CADP2로 시뮬레이션한 결과를 나타낸다. 전 좌석을 적절하게 커버하고 있는 것을 볼 수 있다. 음압 레벨 편차는 ±3dB 이내인 것을 알 수 있다. 이 결과는 1kHz의 직접음만 시뮬레이션 한 결과이지만, 실제로는 반사음이 존재하므로 음압 레벨 편차는 이것보다 작아진다.

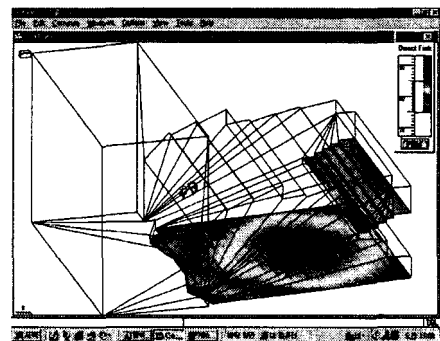


그림8. 1kHz 직접음의 음압 레벨의 분포(CADP2)

4. 음향 시공 후의 성능 평가

시공후의 전 좌석에서의 측정된 음압 레벨은 $\pm 3\text{dB}$ 전후 이다. 그림9는 시공 후의 음향 임펄스 레스폰스(12 지점)를 나타낸다. 전좌석에서 예코는 관측되지 않았다.

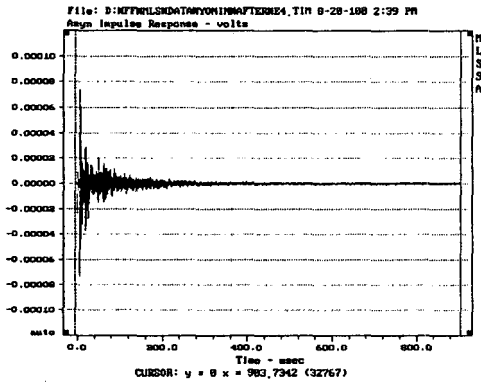


그림9. 시공 후의 임펄스 레스폰스

그림10은 시공전과 시공 후의 D50을 비교 하여 나타낸다. 전 좌석에서 시공 전보다 D50이 향상된 것을 알 수 있다. 이것은 불필요한 반사음이 억제되고 직접음이 증가된 것을 의미한다.

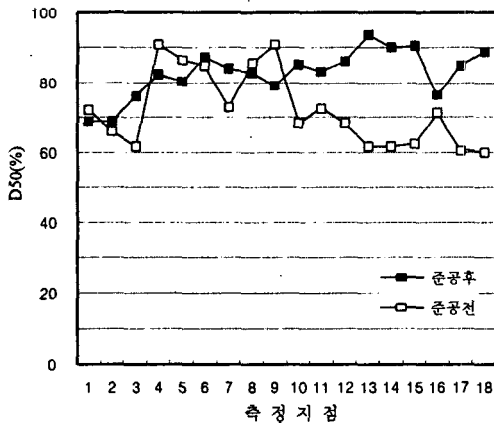


그림10. 시공 전후의 D50의 비교

그림11은 시공 전후의 EDT를 비교하여 나타낸 것이다. 전 좌석에서 잔향이 억제된 것을 볼 수 있다.

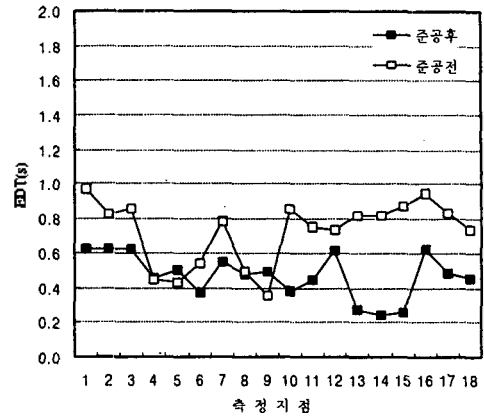


그림11. 시공 전후의 EDT 비교

그림12는 시공 전후의 RASTI를 비교하여 나타낸 것이다. 전 좌석에서 명료도가 향상되고, 대부분의 좌석에서 'excellent'의 결과를 나타내고 있다.

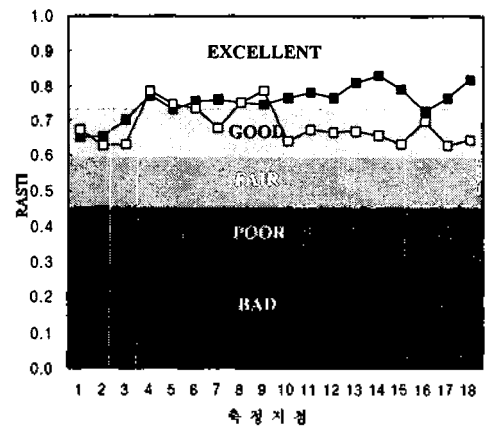


그림12. 시공 전후의 RASTI의 결과 비교

5. 맺는 말

문예회관의 음향 시스템을 재 설계하여 실내의 잔향음을 억제하여 명료도를 최대한으로 증가 시켰다. 그 결과 모든 좌석에서 'excellent'의 결과가 얻어졌다.

참고 문헌

1. 강성훈, 방송 음향 총론, 11장, 기전연구소(2000.1).
2. 강성훈, 음향 시스템 이론 및 설계, 13장, 기전연구소(1999.3).
3. 강성훈 외, 용인문예회관의 음향 설계 보고서(2000.5).