무대음향 반사판과 음원의 위치가 실내음향에 미치는 특성에 관한 연구

박 형 덕*, 박 창 섭**, 최 정 민***
*창원대학교 건축공학과 석사과정, **창신대학 건축디자인과 부교수, ***창원대학교 건축공학과 조교수

A Study on the Characteristic of Stage Sound Reflector and Source Location affecting Sound Behavior in Multi-Purpose Auditorium

Hyeong-Duc Park*, Chang-Seob Park**, Jeong-Min Choi***
*Changwon National Univ., **Dept. of Architecture, Changshin College, ***Changwon National Univ.
E-mail : hd911park@hanmail.net

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 건설되어지고 있는 대부분의 다목적 홀은 그 규모가 점점 대형화 되어가고 있으며, 이에 따라 공연 무대면적도 점점 더 커져가고 있는 실정이다. 하지만 무대음향 반사판이 어느 정도의 잔향을 조절해 주는지 또한 실내음향의 여러 특성에 얼마만큼 영향을 미치는지에 대해서는 연구가 아직 미비한 실정이다. 또한 다목적 홀의 특성상 여러 가지 공연 형태에 따라 무대의 어느 지점에서 공연이 이루어지는 가에 따라서도 여러 가지 음향적 특성들이 달라지게 될 것이다.

따라서 본 연구에서는 무대음향 반사판의 유무와 음원의 위치에 따라서 실내음향의 물리적 변수들에 어떠한 영향을 미치는지를 물리적인 측정을 통해 음향 특성을 평가함으로써 앞으로의 실내 음향설계에 음향성능을 향상시킬 수 있는 기초자료를 제시하고자 한다.

1.2 연구의 내용 및 방법

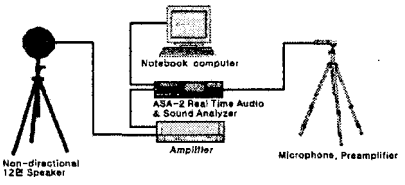
본 연구에서는 일반적으로 가장 많이 사용하고 있는 가변형 무대음향 반사판이 설치된 C시 S문화회관의 대극장을 대상으로, 무대음향 반사판을 사용했을 때와 사용하지 않았을 때, 음원의 위치가 무대중앙에 위치해 있을 때와 무대 전면에 위치해 있을 때의 잔향시간, 초기감쇠시간, 음압레벨, 음성 명료도, 음악 명료도, 음성 전달지수 등의 물리적 음향지표들을 분석하였다.

2. 실내음향의 측정 및 방법

2.1 측정개요 및 방법

측정은 ISO 3382[1] 기준에 준하였으며, 음원은 ISO에서 제안하는 무지향 스피커를 사용하였다.

음원의 위치는 반사판이 있을 때와 없을 때를 구분해서 무대 중앙과 무대 중앙으로부터 객석쪽으로 11m 떨어진 무대 전면부로 구분하여 4가지 경우에 대해 측정을 실시하였다. 음원의 높이는 삼각대를 이용해서 무대바닥에서 1.5m 높이로 하였으며, 마이크로폰은 수음자의 귀 높이와 동일한 높이인 측정점 바닥에서 1.2m 높이로 조절해서 측정하였다. 음원은 배경소음을 어느 정도 배제할 수 있는 MLS(Maximum Length Sequence)음원을 사용하였고 측정기기의 구성도는 〈그림1〉 과 같다.

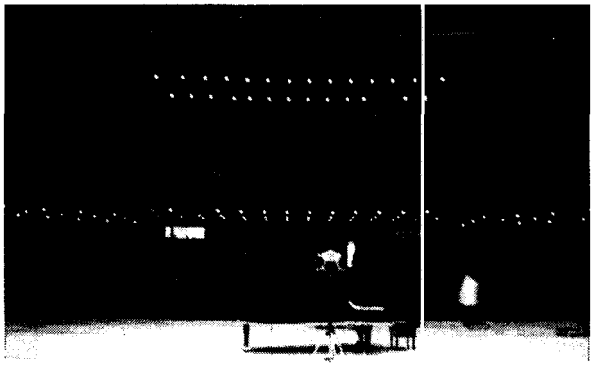


〈그림 1〉 측정기기의 구성도

1) Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters

2.2 대상 홀의 제원

전술한 바와 같이 실험대상 건물은 C시 소재 S문화회관 대극장 홀로 선정하였다. 대극장의 형태는 프로세니움 스테이지 형식으로 평면 형태는 후면부가 장방형이고, 무대쪽 전면 측벽부는 경사진 부채꼴로 이루어진 혼합형이다. 〈사진 1〉 은 홀의 내부전경이다.



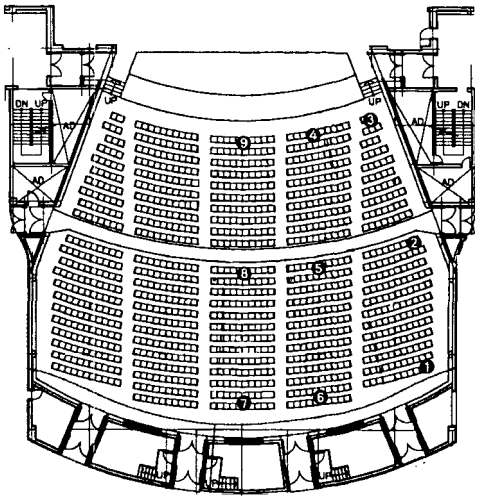
〈사진 1〉 홀의 내부전경

객석 수용 인원은 1,720석이며, 홀의 기능은 음악, 강연 등 다목적 홀의 성격을 지니고 있다. 대상 다목적 홀의 일반적인 제원은 〈표 1〉 과 같다.

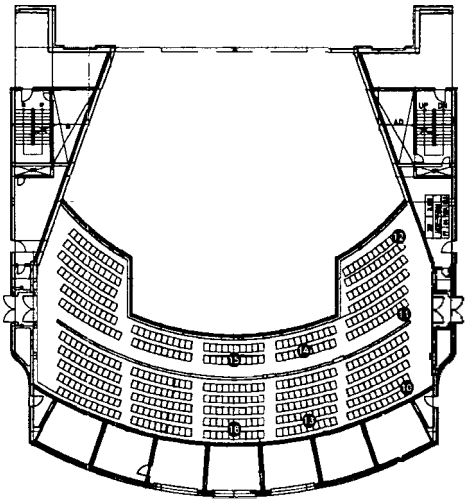
〈표 1〉 대상 홀의 제원

구 분	내 용	비 고
실 용적	13,339㎥	
실내 표면적	4,532㎡	
객석당 점유 용적	7.76㎥	
무대면적	주무대 : 715m 측무대 : 324m 후무대 : 418m	합계 : 1,457㎡
바닥면적	1층 바닥 : 925㎡ 2층 발코니 : 537㎡	합계 : 1,462㎡
좌석수	1층 : 1,056석 2층 : 604석 가변좌석 : 60석	합계 : 1,720석
오케스트라 승강무대	18.5m×2m, 17m×3.4m	2 set
측면 이동무대	18m×5m	3 set
스크린	20.5 m×9.5m	1 set
무대 음향 반사판	정면 1set, 천장 4set, 측면 8 set	

측정 지점은 대상 홀의 형태가 좌우 대칭인 점을 감안하여 실의 중심을 기준으로 오른편을 대상으로 하였으며, 1층 객석 부분에 9개소, 2층 객석 부분에 7개소 등 총 16개소를 선정하였다. 1층 측정지점은 〈그림 2〉 와 같으며, 2층 발코니의 측정지점은 〈그림 3〉 과 같다.



〈그림 2〉 1층 측정지점

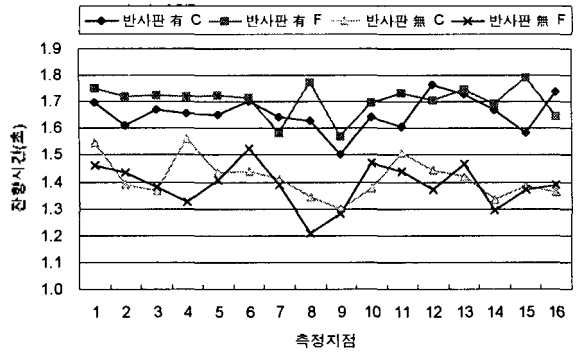


〈그림 3〉 2층 측정지점

3. 측정결과 및 분석

3.1 잔향시간 (Reverberation Time)

잔향시간은 실의 음향성능을 평가하는데 가장 중요한 지수로, 16개 지점의 수음점에서 측정한 잔향시간 결과를 적용하여 주요 주파수 대역인 500~1000Hz 대역을 평균하여 나타내면 〈그림 4〉 와 같다. 여기서, 반사판의 유무와 음원의 위치는 반사판이 있을 때를 有, 없을 때를 無로 표시하였으며, 음원이 무대 중앙에 있을 때를 C, 음원이 무대 전면에 있을 때를 F로 표기하였다.

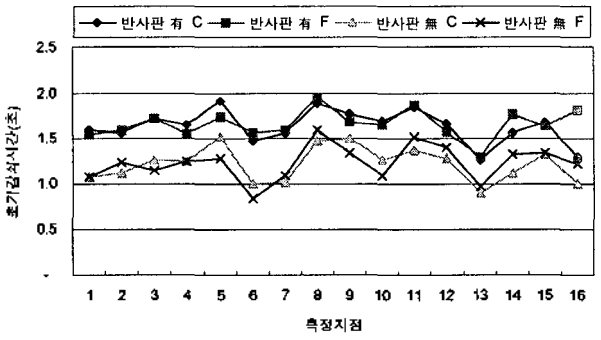


〈그림 4〉 측정지점별 잔향시간

측정지점별 잔향시간을 살펴보면, 1층 객석 전면부의 9번지점에서 가장 짧게 나타나고 있으며, 2층 발코니 후면부인 13번지점이 가장 길게 나타났다. 또한 반사판이 있고 음원이 무대전면에 위치해 있을 때 측정지점별 잔향시간 평균이 1.77초로 가장 길게 나타났으며, 반사판이 없고 음원이 무대전면에 위치해 있을 때 측정지점별 잔향시간 평균이 1.39초로 가장 짧게 나타났다.

3.2 초기 감쇠시간 (EDT)

잔향의 또 다른 주관적인 지수인 초기 감쇠시간을 측정 지점별로 나타내면 〈그림 5〉 와 같다.

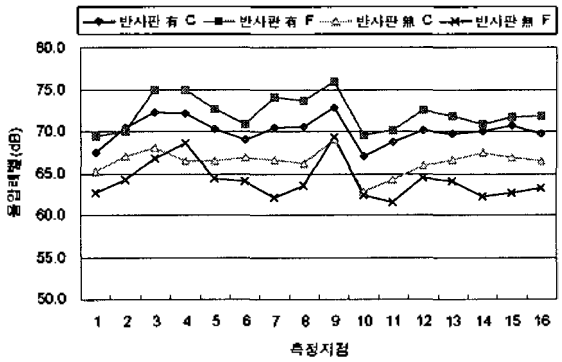


〈그림 5〉 측정지점별 초기 감쇠시간

초기 감쇠시간은 측정위치에 따라 그 값이 현저하게 달라지는 경향이 있는데, 음원의 위치가 무대 중앙에 위치해 있을 때 측정 지점별 평균값이 1.63초로 가장 길게 측정되었으며, 반사판이 없고 음원의 위치가 무대 전면에 위치해 있을 때 측정 지점별 평균값이 1.23초로 가장 짧게 측정되었다.

3.3 음압레벨(SPL)

음의 세기를 나타내는 실내 음압의 측정은 무대에 설치된 무지향성 스피커로 Pink Noise를 발신하여 측정하였으며, 측정결과는 〈그림 6〉 과 같다.

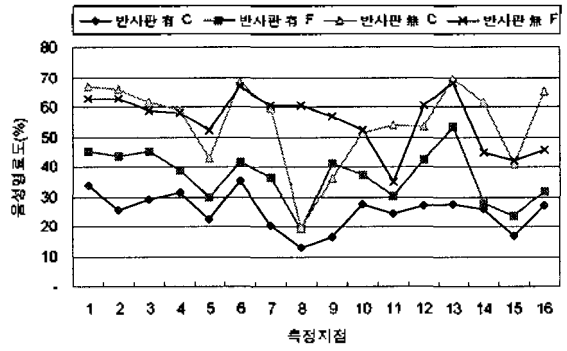


〈그림 6〉 측정지점별 음압레벨

측정 지점별로는 대체적으로 고른 음압분포를 보이고 있으며, 1층 객석 전면부인 3번, 4번, 9번 지점에서 음압레벨이 가장 높게 나타났으며, 2층 발코니 후면부인 10번 지점에서는 음압레벨이 가장 낮게 나타나, 음원에서 멀어질수록 음압레벨이 낮아지는 것을 알 수 있다.

3.4 음성 명료도 (D_{50})

직접음 및 초기 반사음과 전체 음에너지와의 비인 음성 명료도는 그 값이 크면 명료도가 좋다는 것을 의미하는데 측정결과는 〈그림 7〉 과 같다.

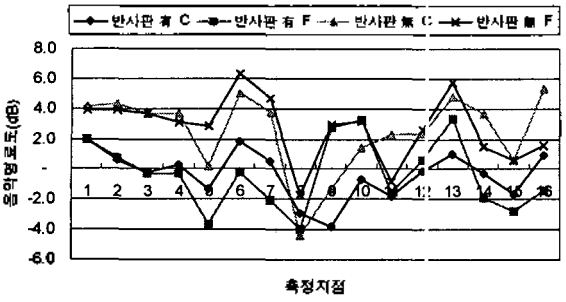


〈그림 7〉 측정지점별 음성 명료도

50ms까지의 반사음은 직접음을 보강하여 명료도를 좋게 하는데, 반사판이 없고 음원이 무대 전면에 위치해 있을 때 측정 지점별 음성 명료도 평균이 55.4%로 가장 높게 나타났으며, 반사판이 있고 음원이 무대 중앙에 위치해 있을 때 측정 지점별 명료도 평균이 25.2%로 가장 낮게 나타났다.

3.5 음악 명료도(C_{80})

콘서트홀에서의 음악에 대한 명료도를 나타내는 음악 명료도의 측정결과는 〈그림 8〉 과 같다.

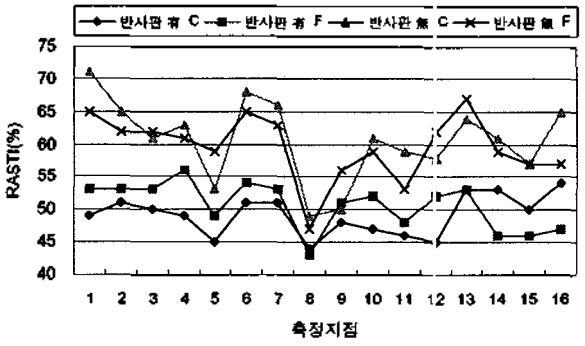


〈그림 8〉 측정지점별 음악 명료도

측정 지점별 음악 명료도를 살펴보면 반사판이 있는 경우는 대부분 제안치를 만족하고 있었으며, 측정 지점별로도 그리 큰 편차를 보이고 있지 않았다. 반사판이 없는 경우에는 여러 지점에서 제안치[2]를 상회하고 있었으며 측정 지점별로도 상당한 편차를 보이고 있었다.

3.6 음성 전달지수(RASTI)

STI(Speech Transmission Index)를 단순화해서 실내의 음성 전달에 따른 요해도(Speech Intelligibility)를 고려한 음성 전달지수의 측정결과는 〈그림 9〉 와 같다.



〈그림 9〉 측정지점별 음성 전달지수

측정 지점별 RASTI 값을 살펴보면, 1층 객석 후면부인 1번, 6번, 7번 측정지점과 2층 발코니 후면부인 13번 지점에서 RASTI 값이 상대적으로 높게 나타났으며, 1층 객석 무대 중앙부인 8번 측정지점은 반사판이 있을 때 그 값이 45% 이하로 나타나 반사판을 사용할 경우 명료도에 문제가 있을 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구에서는 일반적으로 가장 많이 사용하고 있는 가변형 무대음향 반사판이 설치된 C시 S문화회관의 대극장을 대상으로, 무대음향 반사판의 유무와 음원의 위치 변화에 따른 음향특성을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 잔향시간은 반사판이 있고 음원이 무대전면에 위치해 있을 때 측정지점별 잔향시간 평균이 1.77초로 가장 길게 나타났으며, 반사판이 없고 음원이 무대전면에 위치해 있을 때 측정지점별 잔향시간 평균이 1.39초로 가장 짧게 나타나 반사판의 유무와 음원의 위치에 따라 약 0.4초 정도의 잔향시간을 조절할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 초기 감쇠시간은 반사판이 있을 때 반사판의 확산성에 기인해서 그 값이 상대적으로 크게 나타났는데, 이는 실의 잔향감을 높여 줄 것으로 사료된다.

2. 음량에 관한 지수인 음압레벨은 반사판이 있고 음원이 무대 전면에 위치해 있을 때 측정지점별 평균 음압이 72dB로 가장 높게 나타났으며, 반사판이 없고 음원이 무대 전면에 위치해 있을 때의 측정지점별 평균음압은 64dB로 가장 낮게 나타나 반사판이 8dB 정도의 음압레벨을 향상시키는 것으로 나타났다.

3. 음성 명료도 D_{50}은 반사판이 없고 음원이 무대 전면에 위치해 있을 때 측정지점별 평균이 55%로 가장 높게 나타났으며, 반사판이 있고 음원이 무대 중앙에 위치해 있을 때 측정지점별 평균은 25%로 나타나 반사판이 30% 정도의 음성 명료도를 조절할 수 있는 것으로 나타났으며, 음악 명료도 C_{80}은 음원의 위치별로는 그리 큰 편차를 보이고 있지 않았지만 반사판의 유무에 따라서는 측정지점별로 상당한 편차를 보이고 있었다. 또한 음성전달 지수인 RASTI는 반사판이 없고 음원이 무대 중앙에 위치해 있을 때 측정지점별 평균이 61%로 가장 높게 나타났으며, 반사판이 있고 음원이 무대 중앙에 위치해 있을 때 측정지점별 평균이 49%로 가장 낮게 나타나 반사판의 유무와 음원의 위치에 따라 12% 정도의 편차를 보이고 있었다.

본 연구에서는 반사판의 유무와 음원의 위치에 따른 실의 물리적인 음향 특성만을 분석하였으나, 음향효과를 최종적으로 판단하는 것은 이러한 물리적인 파라메타와 인간의 주관적인 평가와의 상호 연관성에 의해 결정되는 것이므로 향후 주관적인 평가도 함께 병행해야 할 것이다.

2) 永田穗는 음악당내에서의 C_{80}값을 ±2dB로 제안하고 있다.

참 고 문 헌

1) 박창섭, '실내음향의 물리특성과 주관평가와의 상관에 관한 연구', 영남대학교 대학원, 박사학위 논문, 1992
2) Beranek, Leo L and Schultz, T.J, 'Acustica'
3) 永田穗, '建築の 音響設計', オ一公社, 1991
4) Madan Mehta, 'Architectural Acoustics', 1999