

국립국악당 소극장의 실내음향 평가

정 유 근¹⁾ 황 민 구¹⁾ 박 경 구²⁾ 김 정 태³⁾

1) 경희대학교 대학원 2) 현대산업개발 주식회사 3) 경희대학교 건축공학과 교수

A Study on The Acoustical Characteristics of Small Theater in The National Center for Korean Traditional Performing Arts

Chung, Yu Gun¹⁾ Hwang, Min Ku¹⁾ Park, Kyung Goo²⁾ Kim, Jeong Tai³⁾

1) Department of Architectual Engineering Kyung Hee University

2) Hyundai Industrial Development and Construction Co. Ltd.

3) Professor, Department of Architectual Engineering Kyung Hee University

E-Mail Address : jtkim@nms.kyunghee.ac.kr

요 약

국악전용 공연장으로 지어진 국립국악 소극장의 음향 특성을 실내 음선도, 압소음, 잔향시간 및 음압분포에 의해 분석·평가하였다. 연구결과 무대 앞부분과 객석모서리에서 음선경로차가 17m 이상으로 나타나 회주공조현상의 발생이 예측되며 남부순환도로와 인접하여 소극장 내에 높은 압소음이 측정되었다. 잔향시간의 측정결과 과도한 실내 흡음력으로 인해 공식시에 계획값 보다 0.8 초 정도가 짧으며 이는 관객입장시 더욱 악화될 것이 예측되어 1석당 실용적을 증가와 실내 흡음력을 가능한 줄일 필요가 있다. 음압레벨은 음악당 전 객석에서 고른 음압분포가 보이고 있으나 무대 음원에서 객석전열 사이에 초기 음압감쇠가 크게 나타나 무대주변의 음압 보강이 요구된다.

1. 서론

나라마다 언어가 다르고 어법이 다르듯이 음악은 그 나라의 어법에 바탕을 두고 이루어지기 때문에 각기 다를 수 밖에 없다. 그러나 근래에 지어진 우리나라의 대표적인 국악전용 공연장인 국립 국악원은 외국의 음악과 국악의 특성이 다름에도 불구하고 외국 콘서트홀을 기준으로 계획되어 국악의 특성이 그리 많이 감안된 것 같지 않은 실정이어서 문제점이 있다고 하겠다. 따라서 건축적 입장에서 국악전용 공연장의 공간적 문제와 음향적 문제를 연구의 필요성과 중요하게 인식되고 있다.

이에 본 연구는 국악의 고유한 특성을 고려한 공연장의 음향적 계획 기준을 이론적으로 고찰하고 국악전용 공연장으로 최근에 건립된 국립국악원 소극장을 대상으로

로 국악공연장의 실내 음향특성을 평가하는데 연구목적이 있다. 본 연구의 내용 및 방법은 다음과 같다.

- ① 국악전용 공연장의 음향특성 기준 설정을 위한 이론적 고찰
- ② 국악의 음향성능에 영향을 미치는 국립국악원 소극장의 건축요소를 고찰하고
- ③ 국립국악원 소극장의 실내 음선도, 실내 압소음, 잔향시간 및 음압분포를 측정·분석하여 국악전용 공연장의 음향특성을 평가하였다.

2. 국악전용 공연장의 음향기준

1) 잔향시간

일반적으로 우리의 전통음악을 위한 실내공연장은 서양음악보다 잔향시간이 좀 짧은 것이 좋다고 권장되고 있다. 국악공연장의 음향기준에 관한 연구중 신영무(1989)⁶⁾는 “최적잔향시간은 서양 콘서트 홀은 2초 정도의 값을, 한국 전통음악을 위한 공연장, 특히 판소리 공연장은 1.2초 정도의 비교적 짧은 값이 좋다고 본다.”고 하였고 정사회(1995)⁹⁾는 “잔향에 대한 평가의 경우, 전체적으로 모두 잔향시간 1.5초가, 전체적 인상은 판소리의 경우 실험의 분석결과에 의해서 잔향시간은 1.0~1.5초의 범위가 좋다고 말할 수 있다.”는 연구결과를 발표하였다. 그러므로, 국악전용 공연장의 경우 일반적인 잔향시간은 1.0~1.5초정도이고 판소리의 경우는 1.2초 내외가 적당할 것으로 생각된다.

2) 음압분포

음압분포의 기준에서 국악공연장을 고려할 때 국악과 양악은 그 음향특성이 달라 성악 공연장과 기악 공연장을 따로 고려하는 것이 바람직하다. 국악은 목소리의 아름다움보다는 성량을 매우 중시하기 때문에 양악보다 성량이 크고 넓어 성악공연장의 음압감소율은 양악보다 같거나 조금 커도 상관없으나, 국악기의 큰 특징중 하나가 악기의 음량이 양악기에 비해 매우 작아 기악 공연장의 경우 음압 감소율이 양악 공연장보다 작아야 한다.

3) 마감재료

홀, 나무, 창호지, 목재 등 고음부의 흡음성이 많은 재료로 지어진 우리의 가옥구조는 잔향이란 소리의 세계에 익숙하지 못하였다. 즉, 우리전통 건축은 고음부는 흡수하고 저음부는 강조하는 양식이다. 마감재료의 경우 성악과 기악 각각의 음향 특성을 고려할 때 성악 공연장은 중음역 중심인 양악에 비해 고음역이 중심을 이루기 때문에 중·저음역의 흡음율이 큰 마감재료를 사용해야 하며, 기악공연장은 고음역 중심인 양악에 비해 중음역이 중심을 이루기 때문에 고음역 흡음율이 큰 마감 재료를 사용해야 한다.

4) 실내 허용소음

국립국악원 소극장의 실내 허용소음은 NC-25을 기준으로 계획되어 있으나 이는 전문 음악 공연장으로는 다소 미흡한 기준으로 생각된다. 현재 음악전용 공연장에 일반적으로 사용되는 소음 기준은 NC-20으로서¹³⁾ 특히 국립국악원 소극장의 경우 도로와 인접해 있는 관계로 소음에 대한 대책이 요구된다.

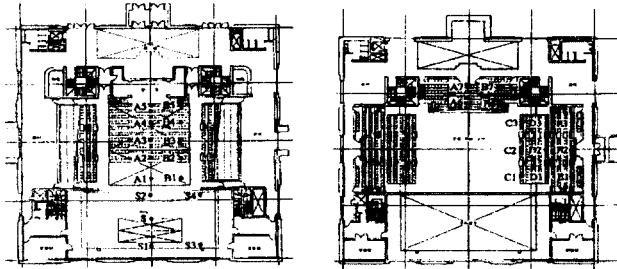
앞에서의 이론적 고찰에 따른 국악전용 공연장의 음향기준은 (표 1)과 같다.

(표 1) 국악과 양악공연장의 음향기준안

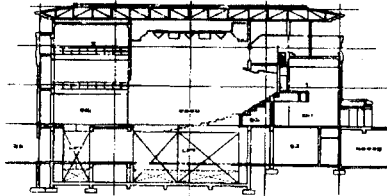
		국 악	양 악
잔향시간	성악	1.0 ~ 1.2초	1.7초
	기악	1.5초	2.0초
1좌석당 바다면적	성악	국악 ≤ 양악 (0.65 ~ 0.7m ²)	
1좌석당 신용적	성악	국악 ≤ 양악 (6 ~ 8 m ³)	
	기악	국악 ≤ 양악 (8 ~ 12 m ³)	
음압분포	성악	음압 감소율: 국악 ≥ 양악	
	기악	음압 감소율: 국악 < 양악	
흡음율	성악	국악 > 양악 (0.25)	
	기악	국악 > 양악 (0.2 ~ 0.23)	
마감재료	성악	고음역 중심	중·저음역 중심
	기악	중·저음역 중심	고음역 중심
명료도	성악	국악 > 양악	
압소음	기악	국악 > 양악	
	성악	국악 = 양악 (NC-20)	
압소음	성악	국악 = 양악 (NC-20)	
	기악	국악 = 양악 (NC-20)	

3. 국립국악원 소극장의 건축적 개요

사각형 모양의 국립국악원 소극장은 우리의 전통음악과 창작국악 등 국악만을 연주하기 위해 건축되었다. 지하 1층, 지상 3층의 연면적 3,879.33m² 규모와 360석에서 580석까지 가변되는 객석을 지니며 공연의 종류에 따라서 Proscenium형, Thrust형, Arena형으로 변환되는 무대를 갖추고 있다.



a. 1층평면도 b. 2층 평면도
(그림 1) 국립국악원 소극장의 평면도



(그림 3) 국립국악원 소극장의 단면도

국악당의 마감재료는 (표 2)와 같다.

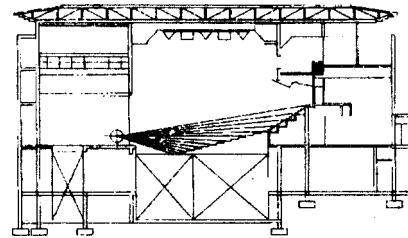
(표 2) 공연장의 부위별 마감재료

위치	사용재료
무대바닥	표면재 30mm두께의 최목 플로링 또는 동등 이상
객석봉로	양탄자
천장	중앙천장: 석고 보오드 12mm 중앙부분 확산채 합판 12mm
	객석천장: 석고 보오드 12mm
객석후벽	상 벽: 밤 라이트 유공판 5φ 공기층 90mm내 glass wool 50mm 벽 뒷면 또는 표면에 glass wool cloth
	하 벽: 밤 라이트 무공판 5mm, 공기층 90mm 판내면에 glass cloth 사용해도 무방함
기타벽면	콘크리트 위 몰탈 페인트
객석의자	흡음성 의자

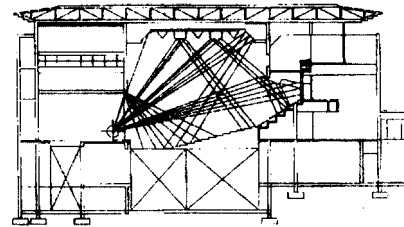
4. 국립국악원 소극장의 음향성능 평가

1) 음선도 분석

국립국악원 소극장의 음선도 분석은 무대 중앙의 음원 위치에 따른 각 객석에서 실시하였다. 음원의 위치는 공연시와 동일하게 무대중심에서 1.5m뒤로 후퇴한 곳을 선정하였고 객석에 도달되는 직접음과 반사음의 음선 경로차가 17m(시간차 50ms)내에 있는지를 검토하였다.

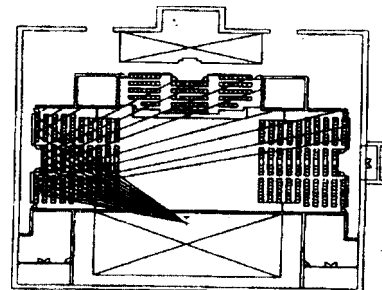


(그림 4) 직접 음선도

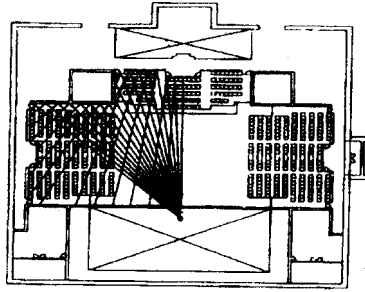


(그림 5) 천장 반사면에 의한 음선분포도

음선도 분석결과 무대 앞부분과 무대 옆 객석 모서리에는 음선경로차가 17m를 초과하여 평행한 객석측벽으로 인한 회주 공명현상(flutter echo)의 발생 가능성이 있는 것으로 나타났다.



(그림 6) 측벽 반사면에 의한 음선분포도



(그림 7) 후벽 반사면에 의한 음선분포도

음향 스크린을 개방한 오픈 형식과 음향스크린을 닫은 프로시니움 형식에 따라 음선도를 평가하면 양 측벽의 음향 스크린을 닫은 프로시니움 형식은 전통적인 직방형의 형식을 취하게 되며, 직접음과 간접음의 음선경로차가 17m를 초과하지 않는 것으로 나타나 회주 공명현상의 발생가능성이 무대 앞 부분을 제외하고는 없는 것으로 나타났다. 양 측벽의 음향 스크린을 개방한 오픈 형식은 양 측면 객석 후부에 회주 공명 현상의 발생 가능성이 많은 것으로 나타났다.

2) 실내 허용 소음 평가

국립국악원 소극장의 소음평가는 실의 중심선을 기준으로 한쪽편에 객석의 측정점을 고르게 분포하도록 설정하였다. 암소음레벨 측정시 측정점은 무대위 1.5m지점을 기준으로 1/3옥타브 밴드 필터로 16Hz, 31.5Hz, 63Hz, 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1KHz, 2KHz, 4KHz, 8KHz 대역을 측정하였고 전대역에서 평균 3회 측정하였다. 측정 시간대에 내부의 소음은 대부분 통제하였고, 실내에서도 조명기기를 제외한 모든 설비를 중단하였다. 사용된 기기는 Noise Level Meter/ JEIC Type 1015, 1/3 Octave Band Filter/ JEIC Type 3303, 그리고 Tripod Goodman/ S-103를 사용하였다.

각 측정점별 암소음 레벨의 측정결과 1,000Hz이상의 주파수 대역에서는 암소음이 조금 있었고, 500Hz미만의 저주파수 대역에서는 일정량의 암소음이 상존하고 있었다. 특히 125Hz대역에서는 측정점 위치에 따라 최대 52dB에서 최소 41dB까지의 암소음이 있는 것으로 나타

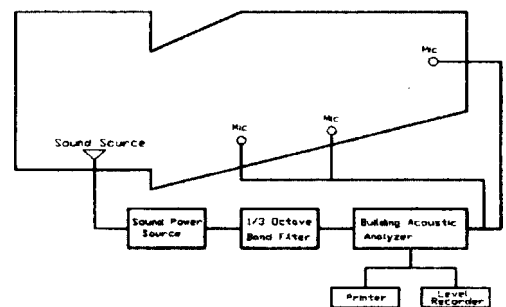
났다. 이는 소극장의 무대가 인근 남부순환도로와 가장 근접하고 있어 암소음 레벨이 높게 나타나 음악공연의 경우 연주자에게 방해가 될 수도 있을 것으로 판단된다.

(표 3) 주파수별 암소음 레벨 측정치

	계획치		측정치				평균
	NC-25	무대중앙 (A)	무대앞 (B)	객석중간 (C)	객석편 뒤 (D)	객석옆 (E)	
63Hz	54	47	53	46	42	45	46.6
125Hz	44	52	50	44	43	43	46.4
250Hz	37	51	48	43	44	43	45.8
500Hz	31	39	38	39	37	36	37.8
1,000Hz	27	31	30	29	29	29	29.6
2,000Hz	24	27	27	26	27	26	26.6
4,000Hz	22	24	22	24	23	23	23.2
8,000Hz	21	22	22	22	20	22	21.6

3) 잔향시간 및 음압분포 평가

모두 28지점의 측정점을 선정하고 B&K사의 전문 음향기기를 사용하여 소극장의 잔향 및 음향분포를 측정하였다. 측정을 위한 실내 음원으로 일반 스피커와 달리 음이 전방향으로 지향되도록 제작된 B&K사의 HP 1001 원통형 스피커를 사용하였다. 실험시 사용한 발생음은 White Noise로서 최소 100Hz부터 최대 8,000Hz까지 1/3 Octave Band로 조정되었다.



(그림 8) 소극장 실험 장치도

국립국악당 소극장의 음압분포는 각 객석의 위치별 평균 음압레벨과 객석 전체 평균레벨을 비교한 결과 오픈 형식일 때 저주파 대역에서는 ± 1 dB, 중간 주파수 대역에서는 ± 2 dB, 고주파수 대역에서는 평균레벨에서 ± 2 dB 범위 내에서 각 객석별 음압레벨이 고르게 분포되고, 프로시니움 형식일 때 저주파 대역에서는 ± 1 , 중간 주파수 대역에서는 ± 1 , 고주파수 대역에서는 평균레벨에서 ± 1 범위 내에서 각 객석별 음압레벨이 매우 고르

계 분포됨을 알 수 있다.

또한 무대의 음압레벨과 객석의 평균음압레벨은 오픈형식일 때 무대와 객석의 음압레벨차이가 고주파에서 최고 11.6dB, 1KHz에서 최소 7.7dB차이가 나타나는 것으로 나타났고 프로시니움 형식일 때 무대와 객석의 음압레벨차이가 저주파에서 최고 10.2dB, 1KHz에서 최소 5.8dB차이가 나타나는 것으로 나타났다.

객석전열과 2층 객석 최후열까지 음압차이는 평균 7~8dB의 레벨차이가 나타나 예술의 전당보다도 음압차이가 큰 것으로 나타났다. 특히, 벽마감재료가 대부분 고음부를 흡수하는 다공질 재료와 저음부를 흡수하는 판상재료를 구성되어 저주파와 고주파사이에서 음압차이가 다른 주파수에 비하여 크게 나타나고 있다.

(표 4) 소극장 객석의 음압분포 상태(dB)

위치 \ 주파수(Hz)	125	250	500	1,000	2,000	4,000	8,000
무대 (stage)	70.5	68.4	70.7	77.4	73.9	72.5	67.5
A열	오픈형식	59.8	59.0	63.2	71.9	66.8	65.9
	프로시니움	60.5	60.2	63.6	71.7	66.8	66.3
B열	오픈형식	59.6	57.8	61.6	70.5	66.1	64.4
	프로시니움	60.0	59.1	63.5	71.4	66.6	63.9
C열	61.8	58.8	60.3	68.5	64.3	64.5	55.4
D열	59.3	56.1	61.9	68.5	63.7	63.0	54.8
E열	58.0	57.0	60.9	67.4	63.5	61.2	53.3
객석전체 평균 (오픈형식)	59.7	57.9	61.7	69.7	65.4	64.1	55.9
무대와 객석의 음압레벨 차이 (오픈형식) (ΔdB)	10.8	10.5	9.0	7.7	8.5	8.4	11.6
객석전체 평균 (프로시니움 형식)	60.3	59.7	63.5	71.6	66.7	66.1	57.5
무대와 객석의 음압레벨 차이 (프로시니움 형식) (ΔdB)	10.2	8.7	7.2	5.8	7.2	7.4	10.0

국립국악당 소극장의 프로시니움 형식과 오픈형식의 각 객석의 위치별잔향시간 측정결과를 정리한 평균잔향시간은 (표 5)와 같다. 분석결과 공식시 소극장의 평균잔향시간은 오픈형식일 때 0.87초, 프로시니움 형식일 때 0.77초로서 저주파 대에서 고주파로 갈수록 잔향시간이 감소하는 일반적인 현상을 나타내고 있다.

(표 5) 소극장의 평균 잔향시간(초)

위치 \ 주파수(Hz)	125	250	500	1,000	2,000	4,000	8,000	T500
무대 (stage)	1.10	0.74	0.63	0.67	0.60	0.60	0.51	0.65
A열	오픈형식	1.21	0.89	0.84	0.87	0.79	0.79	0.71
	프로시니움	1.18	0.78	0.76	0.77	0.70	0.67	0.54
B열	오픈형식	1.20	0.92	0.83	0.86	0.80	0.79	0.69
	프로시니움	1.14	0.78	0.75	0.77	0.70	0.68	0.55
C열	1.12	0.86	0.92	0.88	0.76	0.77	0.69	0.90
D열	1.15	0.90	0.86	0.85	0.79	0.79	0.68	0.90
E열	1.24	0.88	0.82	0.90	0.78	0.76	0.71	0.86
평균 잔향시간 (오픈형식)	1.12	0.90	0.85	0.88	0.79	0.79	0.70	0.87
평균 잔향시간 (프로시니움)	1.16	0.78	0.76	0.78	0.70	0.67	0.55	0.77

관객 입장시에 실제로 감지되는 객석과 청중의 흡음율을 고려한 잔향시간을 평가하기 위하여 관객수용시를 가정한 시뮬레이션을 통해 이론상의 보정치를 조사하였다. 시뮬레이션은 오픈형식과 프로시니움 형식으로 나누어 전체 객석수의 50%, 80%, 100%가 착석되었을 때를 기준으로 공식시 잔향시간을 기준으로 이론상의 잔향시간을 계산하였다. 관객 수용시 평균 잔향시간은 관객이 50%일 때 0.65초, 80%일 때 0.56초, 100%일 때 0.51초로서 이것은 당초 설계목표 1.3초보다 훨씬 미달하는 것을 알 수 있다.

(표 6) 오픈형식시 잔향시간

V 3546, S=1735, 620석

주 파 수	125	250	500	1K	2K	4K	8K
공식시 잔향시간	1.19	0.9	0.85	0.88	0.79	0.79	0.7
평균 흡음율	0.243	0.308	0.322	0.313	0.342	0.342	0.377
흡 음 력	422	534	559	543	593	593	654
관객 흡음률	0.33	0.40	0.44	0.45	0.45	0.45	0.45
50% 부가흡음력	102.3	124	136.4	139.5	139.5	139.5	139.5
50% 총흡음력	524.3	658.0	695.4	682.5	732.5	732.5	793.5
50% 평균흡음력	0.302	0.379	0.401	0.561	0.422	0.422	0.457
50% 잔향시간	0.92	0.69	0.65	0.66	0.60	0.60	0.54
80% 부가흡음력	163.7	198.4	218.2	223.2	223.2	223.2	223.2
80% 총흡음력	585.7	732.4	777.2	766.2	816.2	816.2	877.2
80% 평균흡음력	0.338	0.422	0.448	0.442	0.470	0.470	0.506
80% 잔향시간	0.80	0.60	0.56	0.57	0.52	0.52	0.47
100% 부가흡음력	204.6	248	272.8	279.0	279.0	279.0	279.0
100% 총흡음력	626.6	782	831.8	822	872	872	933
100% 평균흡음력	0.361	0.451	0.479	0.474	0.503	0.503	0.538
100% 잔향시간	0.74	0.55	0.51	0.51	0.47	0.47	0.43

(표 7) 프로시니움 형식시 잔향시간
V=2539, S=1217, 380석

주 파 수	125	250	500	1K	2K	4K	8K
공석시 잔향시간	1.16	0.78	0.76	0.78	0.7	0.67	0.55
평균 흡음율	0.251	0.350	0.357	0.350	0.381	0.394	0.457
흡 음 력	306	426	435	426	464	480	556
관계 흡음률	0.33	0.40	0.44	0.45	0.45	0.45	0.45
50% 부가흡음력	62.7	76	83.6	85.5	85.5	85.5	85.5
50% 총흡음력	368.7	502	518.2	511.5	540.5	565.5	641.5
50% 평균흡음력	0.303	0.412	0.426	0.420	0.452	0.465	0.527
50% 잔향시간	0.93	0.63	0.61	0.62	0.56	0.54	0.45
80% 부가흡음력	100.3	121.6	133.8	136.8	136.8	136.8	136.8
80% 총흡음력	406.3	547.6	568.5	562.8	600.8	616.8	692.8
80% 평균흡음력	0.334	0.450	0.467	0.462	0.494	0.507	0.569
80% 잔향시간	0.83	0.56	0.53	0.54	0.49	0.47	0.40
100% 부가흡음력	125.4	152	167.2	171.0	171.0	171.0	171.0
100% 총흡음력	431.4	578.0	602.2	597.0	635.0	651	727
100% 평균흡음력	0.354	0.475	0.495	0.491	0.522	0.535	0.597
100% 잔향시간	0.77	0.52	0.49	0.50	0.46	0.44	0.37

5. 결론

대표적인 국악전용 공연장인 국립국악원 소극장의 실내음향을 평가한 결과는 다음과 같다.

① 음선분석결과 반사음과 직접음의 음선경로차가 17m이상인 곳이 나타났다. 이는 실내의 흡음율이 기준치를 훨씬 초과하여 나타나는 현상으로 보이며 흡음율을 기준치로 조절할 경우 회주공조현상이 나타날 확률이 커 측벽과 음향절합부위를 평행하게 만나지 않도록 하거나 기하학 형태의 음향 반사판을 설치해 음향장애틀 줄일 필요가 있다.

② 소극장의 무대가 남부순환도로와 인접하여 압소음 레벨이 기준값보다 높게 나타나 연주자에게 방해가 될 수도 있을 것으로 나타났다. 이는 인근도로의 대형차량으로 인하여 그 범위도 주로 저주파음으로 한정되어 있다. 이 결과 설계목표치인 NC-25에 부족해 소음대책이 강구되어야 한다.

③ 잔향시간 측정결과 공석시 잔향시간이 약 0.87초로 계획목표치 보다 0.8초정도가 짧은 것으로 나타났으며 관객입장시 더 짧아질 것으로 예측되어 음악전용 공연장으로는 문제가 있는 것으로 나타났다. 이는 과도한 실내 흡음력 때문으로 1석당 실용적용 증가시키고 실내 흡음력을 가능한 감소시킬 필요가 있다. 또한, 성악과 기

악을 동시에 계획한 공연장의 특성에 맞추어 잔향시간을 설정하고 용도에 적합한 잔향시간을 얻기위하여 가변흡음 장치의 설치가 권장된다. 가변흡음 장치로는 음질적 측면에서 공기층을 깊게 취한 키튼에 의해 필요시 개폐에 의한 조절이 효과적일 것으로 예측된다.

④ 각 객석별 음악레벨의 분석결과 주파수 측면에서는 음악당 전 객석에서 고른 음압분포가 일어나고 있으나 무대음원으로부터 객석 전열까지의 거리에서 초기 음압 감쇠가 크게 나타나 무대 주변의 음압 보강이 요구된다. 이를 개선하기 위해 무대 뒤쪽과 천정에 음향반사판의 설치가 권장된다.

⑤ 가변무대로 설계된 무대가 사용되지 못하고 있어 실용적, 객석수등 이에 따르는 음향요소들이 계획안처럼 실현되지 못해 이에 따른 음향상능 저하를 가져오는 결과를 초래하였다. 따라서 계획당시의 의도를 살림으로서 음향상능 저하를 줄일 수 있는 방안이 요구된다.

참고문헌

- ① 국립 국악원, 국립 국악당 설계 설명서, 1896. 4, pp.54-58.
- ② 김성태·전계서·전용옥·박경구, 국악전용 공연장의 음향기준 및 국립국악원 실내음향평가, 경희대 건축도시연구소 논문집제 17집, 1997.
- ③ 문영인, 발성과 공명, 청우 출판사, 1984, p.109.
- ④ 박경구, 국악전용 공연장의 음향특성에 관한연구, 석사학위논문, 경희대 대학원, 1995.8.
- ⑤ 박창욱, 국악기초이론, 삼호출판사, pp.7-8.
- ⑥ 산영무, 한국 전통음악을 위한 공연장의 음향설계방법에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 통권23호, 1989. 6, pp.169-176.
- ⑦ 양철호, 국악의 형태적 구조에 관한 양악과의 비교연구, 석사학위논문, 경희대 대학원, 1976.
- ⑧ 연채진, 건축설계자료집성, 태림출판사, 1989. 4, p.13.
- ⑨ 정사희, 음장 시뮬레이션에 의한 관소리의 청감평가에 관한 연구, 대한건축학회 전북지부 논문집, 1995. 1, pp.31-42