

## U다목적 문화예술회관의 리모델링시 개선전후의 시뮬레이션 및 음향측정분석에 관한 연구

### A Study on the Properties of Acoustic in Multi-purpose Auditorium Using Remodeling and Computer Simulation

손장열\* 김정중\*\* 김용국 \*\*\*

#### ABSTRACT

최근에 이르기까지 문화예술회관들이 대중들의 문화적인 욕구에 의하여 많이 건립되었으나 대중들과 음악가와 연주자들을 도외시한 채 건축음향 기획 없이 건립되어진 많은 문화예술회관들이 지방자치시대를 맞이하여 지방재정에 적잖은 부담으로 작용하고 있으며 또한 민영화로 독자적으로 운영을 하지 않으면 안되게 되었다. 이와같은 경쟁체제에서 많은 문화예술회관들이 음향문제로 많은 어려움을 겪고 있으나 대책은 미미한 실정이다. 본 연구는 U문화예술회관의 대공연장을 중심으로 대공연장의 음향특성을 측정분석하고 최근 6년간의 공연장의 장르별 이용률을 기초 자료로 활용하여 측정 결과를 중심으로 대공연장의 개선방향을 설정하고 음향 시뮬레이션을 통한 음향인자를 (잔향시간 (RT60, EDT), 명료도(C80, D50), LF, 음압레벨) 비교분석 평가하였다. 그리고 설계에 반영 벽체에 음향 보강 반사판을 시설하고 분석 하여 리모델링 공사후 음향특성이 개선됨을 확인할 수 있었으며 벽체에 시공된 반사판의 효능을 입증할 수 있었다.

#### 1. 서 론

##### 1.1 연구의 목적 및 배경

1990년대부터 우리나라의 공공 홀 즉 문화예술회관은 몇 몇 홀을 제외하고는 음향 전문가의 기획 설계 없이 건축 설계자에 의하여 건축음향의 문제를 도외시 한 채 실험적인 다목적홀로 설계 건립되었으며 이것은 비단 우리나라만의 특이한 현상은 아니며 오늘날 동남아와 일본을 비롯한 개발국들의 공통적인 경향일 것이다. 최근에 이르러서 이렇게 다목적 홀용으로 건립되어 갔던 문화예술회관들이 너무나 많은 흡음재를 사용하여 회의실수준의 낮은 잔향시간 (즉 1초정도)을 나타내고 있는 실정이며 음향문제로 대중들이나 연주자나 음악가 들한테 많은 지적과 항의를 받고 실정이다.

그리고 예전에는 중앙정부의 지원에 의하여 안이하게 운영하여 왔지만 지금은 지방화 또는 민영화로 인하여 지방과 도시의 많은 문화예술회관들이 독자적으로 운영을 하고 이러한 경쟁체제로 공연장을 운영하기 위해서는 공연장 내부에 양질의 음향서비스를 갖추지 않으면 안되게 되었다. 이에 대한 대안으로 문화예술회관의 리모델링이 최근에는 활발하게 진행되고 있으며 이미 서울의 세종문화예술회관 과 중앙극립극장등이 이미 리모델링 개선공사를 하고 있는 실정이다. 따라서 지방의 문화예술회관들이 다목적 홀을 본질적으로 유지하면서 기술적인 전개로서 어떻게 대처하느냐는 점에서 본 연구에서는 1995년에 건립된 U문화예술회관 대공연장을 통하여 리모델링시공사시 측면벽체의 반사판의 설치시 음향개선효과를 연구의 목적으로 한다.

\* 한양대학교 건축공학과 교수  
\*\* 한양대학교 건축공학과 박사과정  
\*\*\* 환경음향연구소 소장

## 1.2 연구의 범위와 진행

연구의 진행방법은 다음과 같이 진행한다.

- 1) 대공연장의 음향적 특성과 문헌 및 연구 사례를 통한 건축음향의 설계이론을 고찰하고 대공연장 내부의 건축음향 재료의 특성을 조사 분석하며 대공연장의 6년간 (1995~2001)의 장르별 공연장 사용실적을 근거로 혼의 성격을 규정하고 용도에 따르는 목표를 설정한다.
- 2) 대공연장 객석의 현재의 위치별 음향인자 (잔향시간, RT60, EDT), 명료도(RASTI, C80, D50), 음압레벨(SPL), LF등을 측정 분석한다. 측면에 음향 반사판 설치 전후에 대하여 예측 평가한다.
- 3) 대공연장의 여건을 고려하여 Computer Simulation 분석을 통하여 다목적 음향공간으로 활용할 수 있는 음향반사판 시설과 객석 벽체 및 바닥의 개선 방안을 잔향시간과 명료도 LF를 중심으로 예측 분석하여 잔향 시간을 설정 제시한다.
- 4) 무대 음향반사판 시설과 벽체 보강 및 객석 바닥 개선공사 후 음향 종합측정 평가 한다.

## 2. 대공연장의 현황 및 장르분석

### 2.1. 대공연장 현황

대공연장 면적 14,567㎡(4,406평)

좌석수 : 1,484석

(1층 842석, 2층 538석, 3층 104석)

객석면적 : 1,265㎡(383평),

1층 897㎡

2층 583㎡

3층 259㎡

무대면적 : 1,861㎡(563평),

무대 448평, 대도구 제작실 82평, 비트 33평

벽체면적 : 1,563㎡(472평)

천정면적 : 1,092㎡(330평)

1인당용적 : 10 m<sup>3</sup> / 인

### 2.2. 대공연장의 마감현황

측벽 : G/W T50+50MDF T16+고밀도다공질 흡음재 T25+마직천

후벽 : 포플라나무뿌리 흡음재 T25+A/F+마직천

천정 : 전면(반사) : G/W T25+S/PT12+A/F 위 마직천

후면(흡음) : G/W T25+합판T12+고밀도

다공질 흡음재 위 마직천

유리 및 틀 : T24mm칼라 복층유리, T1.6

AL-SHEET(프로로폰)

객석 : 바닥 T30모르타르 NL T12 방염처리 카펫트

무대 : T12내수합판 2장 위 T27 단풍나무 후로링

로비 : 바닥 - T36 화강석 및 대리석 물갈기

벽 - T30운천석버너, T30마천석, T20대리석

천정 - M-BAR, T9석고보드, T12미네스통

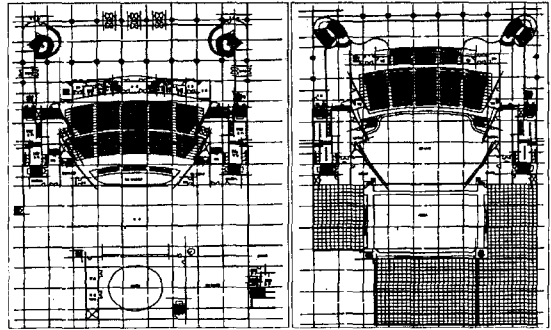


그림 1 대공연장 평면도

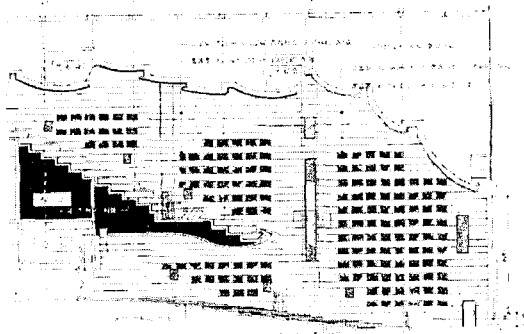


그림 2 대공연장의 단면도

### 2.3. 대공연장의 장르별 공연현황의 분석

#### ① 장르별 공연현황 (1997~2001)

대공연장의 장르별 이용현황을 분석하여 보면 이용빈도가 가장 많은 부분이 음악으로 전체중에 50% 이상을 차지하고 있으며 그다음은 무용 연극 뮤지컬 순이며 <표1>에 나타내었다.

표 1 대공연장 장르별 공연현황

년도	구분	무용	음악	뮤지컬	연극	국악	오페라	영화	기타	계
2001	건수	12	44	14	7	5	-	-	4	85
	비율	14.1	51.7	16.4	8.2	5.8	-	-	4.7	
2000	건수	20	92	9	33	11	1	4	16	186
	비율	10.7	49.4	4.8	17.7	5.9	0.5	2.1	8.6	
1999	건수	7	96	14	35	18	1	4	7	182
	비율	3.8	52.7	7.6	19.2	9.8	0.5	2.1	3.8	
1998	건수	17	44	6	4	9	-	6	2	88
	비율	19.3	50.0	6.8	4.5	10.2	-	6.8	2.2	
1997	건수	4	61	8	2	5	-	4	-	84
	비율	4.7	72.6	9.5	2.3	5.9	-	4.7	-	
1996	건수	13	40	3	3	1	3	1	-	64
	비율	20.3	62.5	4.6	4.6	1.5	4.6	1.5	-	
1995	건수	13	61	3	16	11	1	-	3	108
	비율	12.0	56.4	2.7	14.8	10.1	0.9	-	2.7	
	평균 (%)	12.1	56.4	7.5	10.2	7.0	1.0	2.6	3.2	



- ① 제 1안 : 바닥과 벽체 천정등에 대한 전반적인 재료 교체. ( 비용과 공사기간이 많이 걸림 ) 검토에서 제외.
- ② 제 2안 : 천정을 제외한 양쪽 사이드 벽체의 물성 변화와 벽체의 구조 변경.  
( 측정 데이터에서 보듯 양 사이트에 재료의 물성 검토 )  
@ 벽체의 무대 옆부분의 벽체 : 돌 (마천석)  
@ 사이드 투광실 뒤 부분벽체 : 음을 반사할 수 있는 반사모줄
- ③ 제 3안:벽체 반사판설치 및 무대의 음향반사판 보강  
@ 벽체의 홈부분 확산 반사모줄로 보강  
@ 무대의 음향반사판 신설

표 2 대공연장의 개선전 측정잔향시간

측정위치	주파수	125Hz	250Hz	500Hz	1KHz	2KHz	4KHz
		1	1.16	1.27	1.09	1.06	1.01
1층	2	1.21	0.98	0.91	0.88	0.90	0.72
	3	1.35	1.19	1.07	0.95	0.95	0.93
	4	1.39	1.37	1.04	0.90	0.92	0.79
	5	1.17	1.27	0.92	1.01	1.11	0.89
	6	1.06	0.98	1.00	0.97	1.02	0.89
	7	1.23	1.11	1.06	0.95	1.03	0.84
	8	1.26	1.17	1.04	0.91	0.97	0.84
	9	1.26	1.12	1.19	1.25	1.26	1.13
	10	1.19	0.98	1.09	1.15	1.13	1.08
	잔향시간		1.22	1.24	1.03	1.00	1.03
2층	11	1.19	1.03	1.00	0.95	1.00	0.81
	12	1.13	1.07	0.98	0.91	0.86	0.76
	13	1.08	1.19	0.89	0.98	0.98	0.84
	14	1.07	1.26	1.11	0.98	1.01	0.89
	15	1.11	1.04	1.04	0.95	0.89	0.77
	16	1.21	1.13	1.02	0.92	0.91	0.78
	잔향시간		1.13	1.12	1.00	0.94	0.94

서, 너무 길면 청중이 잘 알아들을 수 없고, 예코현상 및 명료도의 저하 현상 등이 발생하며, 너무 짧아도 음의 단절현상을 초래하여 바람직하지 못하다. 따라서 잔향시간은 실의 사용목적에 적합한 것이어야 한다. 이와 같은 적합란 시간을 최적 잔향시간 또는 설계목표 잔향시간이라 하며 일반적으로 500Hz 기준으로 하여 각 주파수별로 표시한다.

따라서 대공연장의 음향 반사판 과 벽체 및 바닥 보강 공사가 예정대로 추진되면 객석의 잔향시간의 변화값은 <표 3>과 같이 변화 될 것으로 예상된다.

표 3 대공연장의 개선공사 전후의 잔향시간 예측값

구분	주파수	125Hz	250Hz	500Hz	1KHz	2KHz	4KHz
		개선공사전 (공석)	1.17	1.17	1.08	1.05	0.99
개선보강공사 후 음향반사판시설 (공석)	음향반사판시설	1.51	1.51	1.44	1.45	1.40	1.23
	보강공사 후 음향반사판시설 (50%인장)	1.43	1.43	1.37	1.38	1.34	1.18
보강공사 후 음향반사판시설 (만석시)	만석시	1.32	1.32	1.32	1.28	1.29	1.14
	개선공사 전 측정치 값 (공석)	1.17	1.18	1.02	0.97	0.98	0.94
공석시 기준 개선 예측치		0.34	0.33	0.42	0.48	0.42	0.29

이상의 예상에서와 같이 벽체에 반사판을 설치하였을 경우 숫자상으로 500Hz에서 0.42초 개선되는 것으로 계산되지만 음향적으로는 현재의 실내의 잔향값보다. 42% 정도 증가하는 것으로 예측되므로 대공연장의 음향은 [그림 6]에서 보는 바와 같이 선진국의 Opera 음악전용 Hall 1.6초에는 못 미치지만 현재보다 잔향음이 공석시 1.44초 정도로 증가함으로 음향효과가 클 것으로 예상된다.

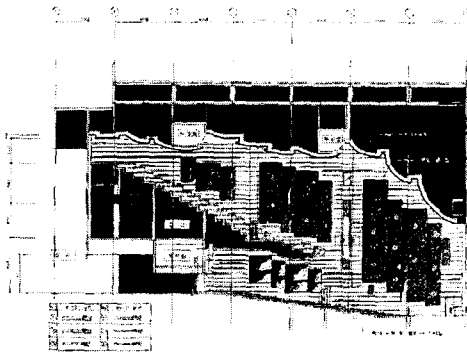
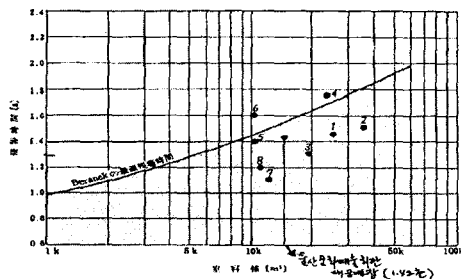


그림 5 대공연장 벽체반사판의 단면도

### 3.3. 설계목표 잔향시간의 설정

잔향시간은 실의 음향효과를 좌우하는 중요한 요소로



- 1 America : Bloomington, Indiana University Auditorium
- 2 America : Lafayette, Indiana, Purdue University Hall of Music
- 3 America : New York, Metropolitan Opera House
- 4 America : Rochester, New York, Eastman Theatre
- 5 Austria : Vienna, Staatsoper
- 6 Germany : Bayreuth, Festspielhaus
- 7 Great Britain : London, Royal Opera House
- 8 Italy : Teatro alla Scala

그림 6 외국공연장과의 잔향시간 비교

#### 4. 음향반사판과 바닥 및 벽체 개선공사 전 후의 실내 음향인자 컴퓨터시뮬레이션 분석 비교평가

건축음향 설계시 실내의 음향조건을 분석하기 위하여 관련된 다음의 음향 인자를 Computer Simulation하여 실내의 음향성능 및 음향상태를 검증 할 수 있다. 본 연구소에서는 Raynoise v3.0을 사용하여 Computer simulation을 행하여 개선 설계 시 고려되는 실내 음향인자 RT60, EDT, RASTI, C80, LF에 대하여리모델링 공사 전후를 다음과 같이 비교 검토하였다.

##### 4.1. 음향반사판 설치후의 리모델링 공사 전후의 Echo Time의 Sound Rays Computer Simulation 비교

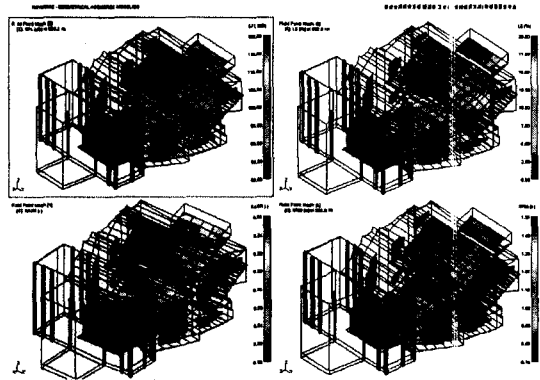
실내의 음원상에서 연속시간이 적은 단음을 발생시켜 줄 때 음원위치에서 객석의 어느 수음점에 도달하는 음은 직접음과 벽, 천정, 바닥등의 제1차 제2차 .... 등의 반사음으로 서로 다른 경로차에 따라 지연되어 도달하게 되는 현상을 반사횟수별 반사소개별 지연시간별 배열에 의하여 표기한 것을 Echo Time Diagram이라 한다.

이와 같은 Echo Time Diagram은 삼차원의 전개면을 작도하여 음원위치와 객석의 대표점을 1층 10 point 2층 6 point를 선정하여 작성하며 객석에서의 음향의 과도현상 등의 이상현상의 발생유무를 관찰하여 검토한다. 이때 Diagram 상에 밀집면재현상이 발생하면 실의 디자인일부를 변경 확산반사형 또는 흡음형으로 대책을 세우면서 실내의 균일한 음압분포가 되게 설계하여야한다. 그러나 이와 같은 현상은 기하음향적 작도법에 의한 수작업으로 수행하기란 힘이 들므로 근년에 와서는 Computer Simulation Program에 의하여 검토하고 많은 양의 도면을 한장의 Sound Ray Tracing Data로 표시하고 있다. 그리고 음향설계 시 컴퓨터 화면상에 반사면 별로 Sound Path별로 검토한 후 설계에 반영한다.

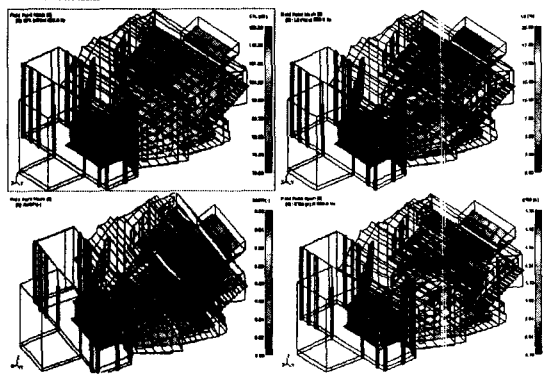
따라서 대공연장 3-D Sound Ray 디자인모델에 대한 Statical Rays Tracing Analysis 하기 위하여 음향반사판을 설치한 상태에서 Sound Source를 무대 중앙 1.2m지점에 설치하고 Receive위치를 객석으로 정하여 반사면을 주었을 때 Sound Ray의 반사에 의한 data의 Sound Ray Time 및 Loss는 다음 Acoustic Ray Diagraming Analysis도면과 같이 개선 전후에 음향상태를 분석한 결과 음향개선을 위하여서는 무대 음향반사판과 객석 바닥과 벽체의 개선공사가 절대적으로 필요한 것으로 다음 Mapping과 같이 판독되었다.

#### 4.2. 개선공사 전후의 잔향시간(RT60) 명료도(RASTI) 음압레벨(SPL), LF 분포

##### ① 개선공사 전 RT60, RASTI, SPL, LF 분포도



##### ② 개선공사 후 RT60, RASTI, SPL, LF 분포도



##### ③ 개선공사 전후의 시뮬레이션 분석결과

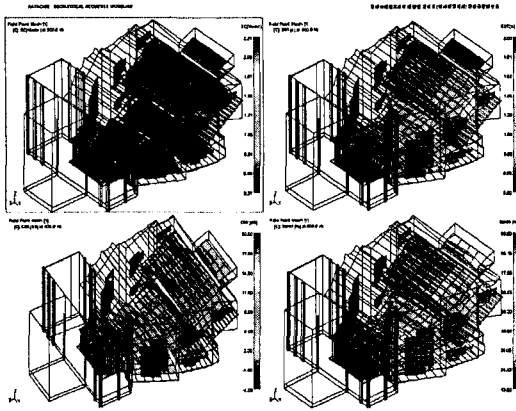
표 4 개선공사 전후의 시뮬레이션 결과 예측표

음향분석파라메타	개선전	개선후
음압레벨(SPL) dB	100~105	105~109
RT60(sec)	0.76~1.1	1.2~1.5
RASTI	0.62~0.67	0.52이상
LF	0.7~0.14	0.15~0.23

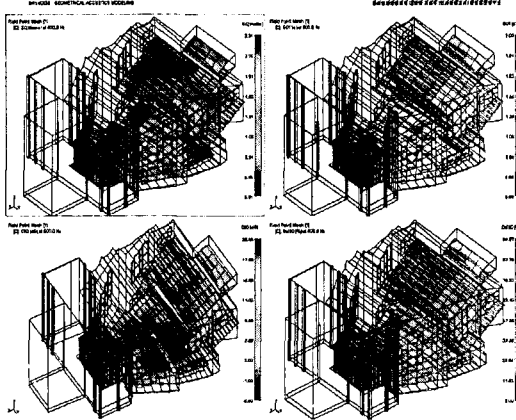
음향시뮬레이션의 결과와 <표 4>에서 보는바와 같이 개선전후의 값을 비교분석한 결과값을 보면 개선전의 잔향시간과 LF값은 각각 1초대와 0.1로 나타나고 있으며 개선 후 측면반사판의 확산효과에 의하여 잔향시간은 1.4초 그리고 LF 0.2로 좋아 짐을 예측 할 수 있다. 특히 문제가 되었던 1층 객석의 사이드 벽체의 잔향시간과 LF값이 현저히 향상 됨을 알 수 있으며 바닥의 카펫를 제거함으로 객석무대의 의 앞부분의 음압레벨과 잔향시간도 증가함을 알 수가 있다.

### 4.3. 개선공사 전후의 EC, EDT, C80, D50 분포

#### ① 개선공사 전 EC, EDT, C80, D50 분포도



#### ② 개선공사 전 EC, EDT, C80, D50 분포도



#### ③ 개선공사 전후의 시뮬레이션 분석결과

표 5 개선공사 전후의 시뮬레이션 결과 예측표

음향분석파라메타	개선전	개선후
EC (Music) dB	0.4~0.7	0.8~1.1
EDT(sec)	0.7~1.1	1.2~1.65
C80	3~7	2~1.5
D50	0.55~0.7	0.5~0.6

음향시뮬레이션의 결과에서 보는바와 같이 개선전후의 값을 <표 5>에서 비교분석한 결과 값을 보면 개선전의 EDT값과 C80값이 개선후의 시뮬레이션 결과에서 보는 바와 같이 많이 개선됨을 짐을 알 수 있으며 객석의 측면에서의 반사 확산판과 무대의 음향 반사판을 새로이 보강 설치시 객석벽면의 EDT값이 증가되고 C80값이 2~1.5사이로 예측되어 개선공사 후에는 문제가 없을 것으로 예측된다..

### 5. 대공연장 리모델링공사 전후의 음향 측정 데이터의 분석.

U문화예술회관 대공연장의 건축물의 형태는 프로세니움 아치형태로 좌우가 대칭을 이루고 있으므로 측정지점에서 공식시의 잔향시간, 명료도들의 측정 data를 수집하여 1,2층(객석하단부)를 구분하여 개선 보강 공사 전과후의 잔향시간 측정 평균치를 비교 하여 보면 다음과 같다.

#### 5.1. 공사전후의 잔향시간 측정 데이터 분석

표 6 개선공사 전후의 시뮬레이션 결과 예측표(1층)

좌석	주파수	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	
		잔향시간						
1층	1	전	1.16	1.27	1.09	1.06	1.01	1.07
		후	1.35	1.37	1.44	1.40	1.29	1.20
	2	전	1.21	0.98	0.91	0.88	0.90	0.72
		후	1.62	1.44	1.44	1.27	1.27	1.14
	3	전	1.35	1.19	1.07	0.95	0.95	0.93
		후	1.17	1.54	1.42	1.37	1.43	1.30
	4	전	1.39	1.37	1.04	0.90	0.92	0.79
		후	1.23	1.54	1.43	1.24	1.32	1.20
	5	전	1.17	1.27	0.92	1.01	1.11	0.89
		후	1.30	1.20	1.42	1.47	1.41	1.35
	6	전	1.06	0.98	1.00	0.97	1.02	0.89
		후	1.58	1.62	1.44	1.26	1.34	1.23
	7	전	1.23	1.11	1.06	0.95	1.03	0.84
		후	1.59	1.49	1.41	1.33	1.44	1.20
	8	전	1.26	1.17	1.04	0.91	0.97	0.84
		후	1.59	1.56	1.41	1.32	1.45	1.22
	9	전	1.26	1.12	1.19	1.25	1.26	1.13
		후	1.58	1.54	1.42	1.33	1.51	1.27
	10	전	1.19	0.98	1.09	1.15	1.13	1.08
		후	1.46	1.52	1.37	1.34	1.37	1.28
평균		1.22	1.24	1.03	1.00	1.03	0.94	
잔향시간		1.45	1.48	1.42	1.33	1.38	1.24	
공사전후 잔향시간차		0.23	0.24	0.39	0.33	0.35	0.30	

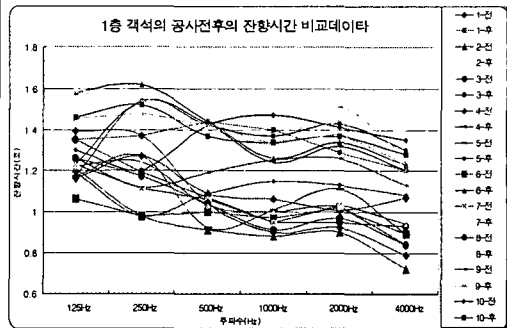


그림 7 개선공사 전후의 잔향시간 (1층)

표 7 개선공사 전후의 시뮬레이션 결과 예측표(2층)

주파수 좌석	125Hz		250Hz		500Hz		1KHz		2KHz		4KHz	
	전	후	전	후	전	후	전	후	전	후	전	후
11	1.16	1.35	1.27	1.37	1.09	1.44	1.06	1.40	1.01	1.29	1.07	1.20
	1.21	1.62	0.98	1.44	0.91	1.44	0.88	1.27	0.90	1.27	0.72	1.14
12	1.35	1.17	1.19	1.54	1.07	1.42	0.95	1.37	0.95	1.43	0.93	1.30
	1.39	1.54	1.37	1.28	1.04	1.38	0.90	1.47	0.92	1.38	0.79	1.20
13	1.17	1.06	1.27	0.98	0.92	1.00	1.01	0.97	1.1	1.02	0.89	0.89
	1.30	1.58	1.20	1.62	1.42	1.44	1.47	1.26	1.41	1.34	1.35	1.23
14	1.06	1.22	0.98	1.24	1.00	1.03	0.97	1.00	1.03	0.94	0.94	0.94
	1.58	1.47	1.62	1.45	1.44	1.41	1.26	1.33	1.41	1.38	1.23	1.20
평균	1.22	1.47	1.24	1.45	1.03	1.41	1.00	1.33	1.03	1.38	0.94	1.20
공사전후 시간차	0.34	0.33	0.41	0.39	0.44	0.40						

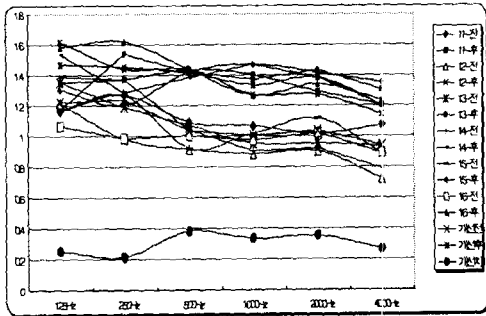


그림 8 개선공사 전후의 잔향시간 (2층)

## 6. 결 론

본 연구는 1996년에 준공된 U문화예술회관 대공연장을 대상으로, 객석에서의 음향 개선공사 후의 측정 기준 지점을 선정하여 대공연장의 음압레벨과 전송주파수 특성, 임펄스 응답 특성, 음향 평가 인자들을 컴퓨터 시뮬레이션으로 예측하고 개선 공사 전후에 측정분석한 결과를 종합 정리하였다.

1) 관객석의 음압 레벨과 전송 주파수 특성 평가 무대 음향 반사판 내부에 SPEAKER를 설치하고 관객석의 음압레벨 측정결과, 공연장의 음압레벨은 1,2층(객석 하단부)에서 90-93dB로 측정되며 편차는  $\pm 3\text{dB}$ 이며 전송주파수 특성은 80Hz-15kHz 대역의 모든 주파수에서  $\pm 3\text{dB}$ 의 편차로 공연장의 전기음향 특성은 만족하는 것으로 평가되었다.

2) 임펄스(충격음)응답 특성 평가

U문화예술회관 대공연장의 임펄스(충격음)응답 반향 시간패턴의 특성은 관객석의 음향평가의 척도가 되는 중요 평가 인자이다. 따라서 대공연장의 부위별 공석

시 충격음의 응답특성을 분석하면, 대공연장의 1,2층(객석 하단부)에서 반사음 성분이 거의 발생하지 않는 우수한 특성을 보이고 있는 것으로 보아 음이 맑고 부드러운음이 감미된 청감 상태가 될 것으로 평가되었다.

3) 잔향시간의 평가

U문화예술회관 대공연장의 잔향시간과 명료도를 공석시 측정 하였으나 1/1 옥타브 대역별 잔향시간과 명료도 평균치값을 Simulation 예측값과 비교한 결과 다음 결과표와 같이 나타나고 있다.

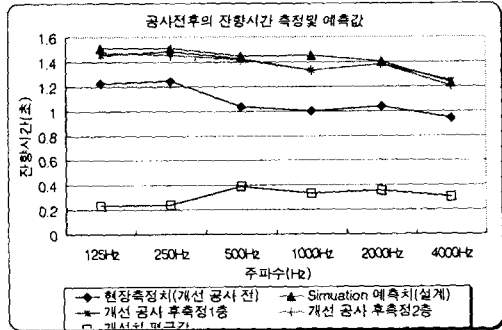


그림 9 대공연장의 잔향시간

음향 반사판과 관객석 벽체와 바닥재로 보강 공사 후 평균 잔향시간을 500Hz대의 기준 주파수에 대하여 비교하여 보면 1층에서는 1.42초와 2층에서는 1.41초로 개선 된 것으로 측정되었으나 잔향시간의 전체적인 객석에서의 부위별 개선치의 측정값은 <표 8>에서와 같이 개선전 1초대에서 개선 보강 공사 후 1.4초대로 증가한 것으로 측정평가 되며 좌석에 따라 다르지만 대체적으로 0.9초에서 1.45정도로 공석시 우수한 값으로 측정되었다. 우리나라의 지방 예술회관의 공연장이 대체적으로 1초 정도의 수준에 비하여 U문화예술회관 대공연장은 잔향시간이 1.42초로 높게 나타나 손색이 없으므로 음향의 청감 특성이 맑으면서 부드러운 양호한 상태가 예측되므로 현재의 환경에서 잔향시간을 크게 하기 위한 더 이상의 보완대책은 한계가 있다고 판단된다.

4) EDT 평가

측정결과와 예측치를 비교하여 보면 [그림 10]에서 보는바와 같이 저음역에서의 차가 0.2초 정도로 벽체반사판에 의한 저음역의 향상에는 그리큰 효과를 나타내고 있지 않음을 알 수 있었으며 중음역으로 갈수록 초기잔향시간의 차이가 많음을 알 수 있었다. 이부분에 대한 저음역 대역 주파수 (125Hz)부근에서의 잔향을 크게 하기 위해서는 측면반사체의 형태나 구조등의 변화가 있어야 되지 않을까 사료되며 이부분에 대한 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

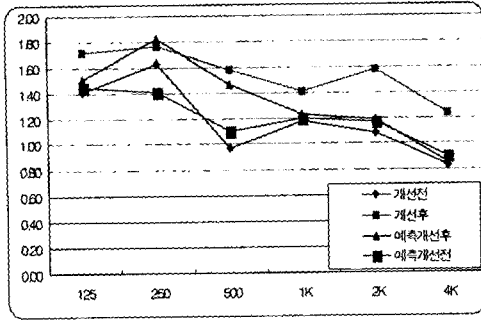


그림 10 대공연장의 개선전후 및 예측시 전후 EDT

5) C80 명료도 평가

명료도는 개선전후의 측정치나 시뮬레이션 예측치를 비교하여 볼 때 C80값의 증감경향이나 개선정도로 해석을 통해 충분히 예측할 수 있음을 알 수 있었으며 그 결과물을 [그림 11]에 나타내었다..

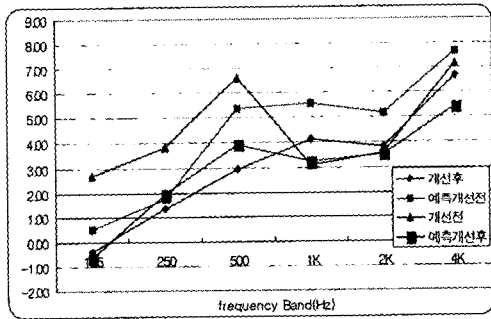


그림 11 대공연장의 개선전후 및 예측시 전후 C80

6) Definition 평가 (D50)

개선전의 측정데이터 D50값이 [그림 12]에서 보는 바와같이 굉장히 주파수 대역에 따라 불규칙하게 나타나고 있었으며 이를 벽체의 재료를 변화시킴으로써 해결할 수가 있었으며 전좌석에 걸쳐서 D50값이 개선공사 후 50%대에서 거의 오차가 없는 데이터를 얻을 수 있었다.

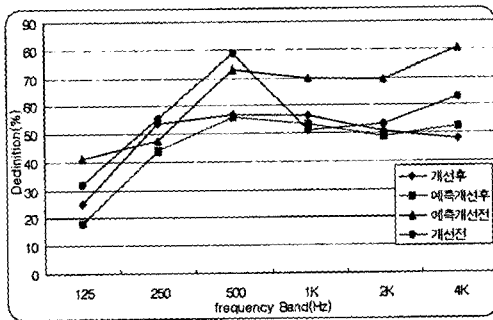


그림 12 대공연장의 개선전후 및 예측시 전후 D50

7. 향후 연구과제

이번 연구에서는 벽체의 반사확산체 한가지 형태에 대하여 실험하였으나 모형 실험을 통하여 이부분에 대한 많은 데이터의 축적이 필요할 것으로 생각되며 향후에 이보다 작은 홀에 대하여 반사판을 시공 같은 위치에서의 음향적인 파라메타 분석을 홀의 크기에 따라 어떻게 변화하는가를 상호 비교 연구 시행하고자 한다.

1. Beranek, Leo: Concert and Opera Halls, How They Sound. ASA, Woodbury NY, 1996.
2. Egan, M. David: Architectural Acoustics McGraw Hill, NY, NY, 1988 Everest, F. Alton Master Handbook of Acoustics McGrawHill, NY, NY, 1994
3. E. M. David : Concepts in Architectural Acoustics, McGraw Hill, New York, 1972.
4. 松井昌幸 : "オーディトリ움의 音響設計", 材料と設計, Vol.4, No.3, 1958.
5. 船越義房 : "多目的 홀의 音響設計概要", 建築設備, Vol.23, No.26, 1972.
6. 木村翔, 關口克明 : "홀의 音響設計", 建築設備, Vol.23, No.26, 1972.