

대법원청사 대법정의 음향장해 개선에 관한 연구

김정중* 김용국**

A Study on the Obstacle of Acoustic in Judgment Hall Using Improvement

ABSTRACT

우리나라의 법원청사 법정은 음향적으로 재판에 필요한 관련자의 발언을 청취하고 또한 방청석에도 명확하게 들을 수 있도록 실의 형상과 재료를 선택하여 사용목적에 알맞게 건축음향설계를 하여야 하나 법정이라는 특수한 환경을 도외시키고 거의 예외 없이 음향 전문가의 건축 음향의 기획 검토설계 없이 건축설계자와 시공자에 의하여 실제 건립되었으며 또한 준공된 예술회관과 종교단체의 건물들도 음의장애현상으로 활용목적을 충족하지 못하는 실정이다.

본 연구는 대법원청사 대법정의 현재의 건축 구조를 본질적으로 유지하면서 재판에 관련된 관련자석과 방청석에서 발생되고 있는 음향장애현상을 어떻게 개선할 것인가를 연구하기위하여 대법정의 음향장애 현상을 측정분석을 통하여 주파대역별로 분석하고 건축음향 개선에 필요한 대법정의 실내 흡음력을 산출하여 대법정의 사용목적에 적합하도록 음향 개선설계를 측정결과치를 중심 개선 방향을 설정하고 음향시뮬레이션을 통한 음향인자를 (잔향시간, 명료도) 비교 분석 평가 분석한 결과 잔향시간 평균값이 500Hz를 기준으로 1.59대에서 음향설계결과 예측 잔향시간 값이 법정의 권장치인 잔향시간 평균값을 1.1초대로 감소 개선할 수 있는 설계 방안을 제시하였다.

1 장. 서 론

1.1 연구의 목적 및 배경

우리나라의 법원청사 법정은 음향적으로 재판에 필요한 관련자의 발언을 청취하고 또한 방청석에도 명확하게 들을 수 있도록 실의 형상과 재료를 선택하여 사용목적에 알맞게 건축음향설계를 하여야 하나 법정이라는 특수한 환경을 도외시키고 거의 예외 없이 음향 전문가의 건축 음향의 기획 검토설계 없이 건축설계자와 시공자에 의하여 실제 건립되었으며 또한 준공된 예술회관과 종교단체의 건물들도 음의장애현상으로 활용목적을 충족하지 못하는 실정이다. 이는 단적으로 건축음향 전문가의 설계없이 내장공사 자재업자의 설계에 의하여 공사가 진행되었음을 의미하는 특이한 우리나라만의

현상으로 몇몇의 특수한 건물을 제외하고는 건립 목적에 적합한 실내음향설계를 도외시 한 채 건립이 이루어지고 또한 준공 후 몇 년도 되지 않아 건축음향 개선설계와 개선공사가 진행되고 있는 실정이다. 따라서 문제는 대법원청사 대법정의 현재의 건축 구조를 본질적으로 유지하면서 재판에 관련된 관련자석과 방청석에서 발생되고 있는 음향장애현상을 어떻게 개선할 것인가를 연구하기위하여 대법정의 음향장애 현상을 측정분석을 통하여 음의 특징을 주파대역별로 분석하고 건축음향 개선에 필요한 대법정의 실내 흡음력을 산출하여 대법정의 사용목적에 적합하도록 음향 개선설계가 필요하다.

* 환경음향연구소 실장
** 환경음향연구소 소장

1. 2 연구의 범위와 진행

연구의 진행방법은 다음과 같이 진행한다.

- 1) 대법원청사 대법정의 음향적 특성과 문헌 및 연구 사례를 통한 건축음향과 전자음향의 설계이론을 고찰하고 대법정 내부의 건축음향 재료의 특성을 분석하며 잔향시간의 이론적인 권장치와 비교 평가한다.
- 2) 대법정의 재판에 관련된 관련자석의 현재의 위치별 잔향시간과 음의명료도 등의 음향설계인자를 측정 분석하여 음향개선공사 설계에 반영한다.
- 3) 대법정의 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 잔향시간을 설정 제시한다.
- 4) 대법원청사 대법정의 여건을 고려하여 재판을 원할 이 진행 할 수 있는 건축음향시설 (대법정천장, 벽체 및 바닥)의 개선방안을 잔향시간을 중심으로 예측 분석하여 법정의 권장치인 잔향시간 평균값을 1.1초대로 감소 개선할 수 있는 설계 방안을 제시한다.

1. 3 법정의 건축음향 설계 권장 기준

법정의 잔향시간 권장기준은 회의실 정도의 수준으로 그림 1에 나타내었다. 그리고 실내의 허용소음레벨(공식시)도 의사전달을 원활하게 하기 위해서는 그림1-1에서 보는바와 같이 회의실 정도의 수준으로 35~40dB(A), NC-25~30 정도가 좋다. 법정은 외부소음이 큰 대도시 에 건설하는 경우가 많고 평면적으로는 법정이 사무실에 인접하여 배치되는 예가 많음으로 외부소음을 차단 하고 부속사무실과 통로에서 발생하는 소음을 차단하기 위해서는 경계벽의 투과손실이 50dB이상 이 되게 설계 시공 되어야한다.

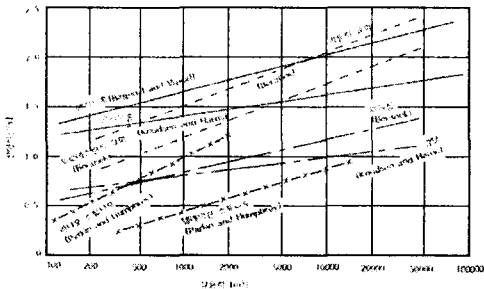


그림 1-1 회의장 및 법정의 최적잔향시간 (500Hz)

II 장. 대법정의 현황

2. 1. 대법정 현황

1) 면적 개요

항 목	면 적(m ²)	비 고
바닥면적	427.3m ²	
연 면 적	1,636m ²	
방청객수	254석 규모	
체 적	4,013m ² 규모	

2. 2. 대법정의 마감현황

측벽 : 하부:T20 대리석연마 / 상부: 석고보드에페인트
 후벽 : 하부:T30 대리석 / 상부: 합판에 페브릭
 앞벽 : 하부:T30 대리석 / 상부: 석고보드에 페인트
 천정 : 전면(반사) : G/W T25+S/PT12+A/F 위 마직천
 객석 : T30모르타르 T12 방염처리 카펫(법대)
 T30모르타르 니노름 (방청석 및 통로)

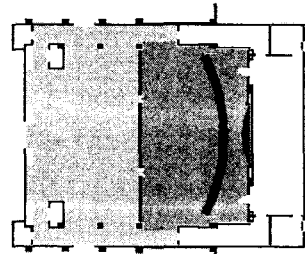


그림 2-1 대법정의 평면도

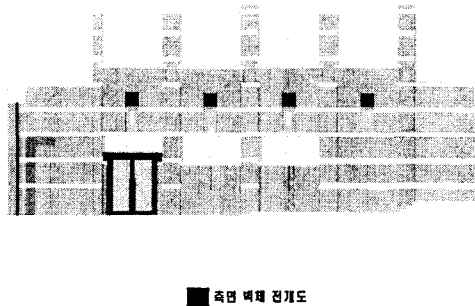


그림 2-2 대법정의 단면도

2. 3. 개선공사 전의 건축음향 설계제원

재료종류	천	면	후	면	좌	측	우	측	천	장	바	다	재	료	별
1. 객석													138.4	138.4	면적(M ²)
2. 복로													112.5	112.5	
3.마닥(카펫)													176.4	176.4	
4. 천정			26.2		27.5		27.5		398						455.6
5. T=20 비양코	72.8		38.8		안 : 79.9		안 : 79.9								309.3
					후 : 18.9		후 : 18.9								
6. T=20 볼라스	21.3		13.7		안 : 22.5		안 : 22.5								90.4
					후 : 5.2		후 : 5.2								
7. 합판페리브린	73.7				후?? 18.87		?후 : 18.8								111
8. 석고보드 페인트	5.2				후 : 41.1		?후 : 41.1								82.2
???및 상부벽체															
10. T=30					안 : 1.6		안 : 1.6								6.4
??아프리칸레드					후 : 1.6		후 : 1.6								
11. DOOR	10.4		14.6		후 : 5.0		?후 : 5.0								35
12. 질재말이	0.04														0.04
13. 벽계마블라이트	40.8														40.8
14. 목재합판T25			78												78
길 면적(S):															
합계 M2	224.24		161.5		177.4		177.4		344.2				427.3		1,636

2. 5. 대법정의 건축음향 재료별 문제점 분석

대법정의 개선전의 건축음향 재원별로 문제점을 분석 다음과 같다.

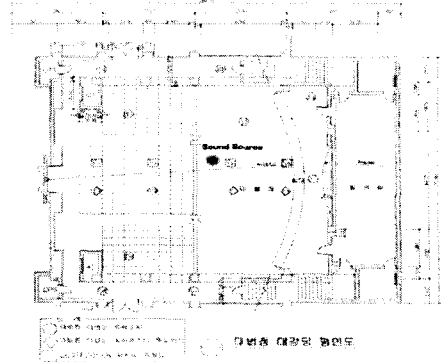
- ① 벽체 : 고밀도 반사재로 음을 반사함으로 공간감과 잔향감이 많다.
- ② 바닥 : 객석바닥을 리노름과 카펫을 설치하여 초방청석에서의 음의자해현상이 발생함.
- ③ 천정 : 석고보드 2Ply에 라운드형의 천정으로 방청석에 음을 전달시 후미음과 천정에서의 음의 초점 현상으로 방청석에 음이 잘 전달되지 않음

이를 해결하기위해서 천정과 벽의 반사성 재료들을 흡음성이 있는 재료로 그리고 방청석에 리노름을 제거하고 카펫타일을 권장하고 상부벽체 석고보드 부분을 흡음처리하여 판진동에 의하여 음이 방청석에 확산되지 않도록 해야 될 것으로 현장조사결과 나타났다..

III 장. 대법정의 측정분석

3. 1. 대법정의 측정분석 위치 및 측정기기의 계통도

대법정의 현재의 음향 조건을 파악하기위하여 총 17 point에서 Symphonie 측정장비로 MLS신호를 발생하여 한번에 2Point에서 3회이상 측정하였다. 측정위치와 측정분석의 Block Diagram은 각각 [그림 3]과 [그림 4]에 나타내었다.



[그림 3-1] 대법정관객석의 음향분석 측정위치

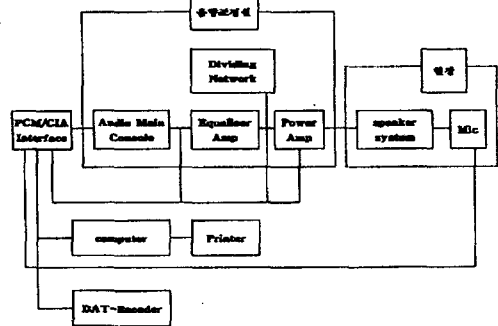


그림 3-2 측정기기의 BLOCK DIAGRAM

3. 2. 대법정 측정위치에 따른 위치별 수음점

대법정의 권장 측정 위치별 수음점의 개수는 17 point로 대법정의 음향을 정밀하게 분석하기 위하여 표 3-1와 표 3-2와 같이 측정위치별로 수음점을 정하여 나타내었다.

표 3-1 측정위치별 수음점

위 치	수음점
법대 (변호인,증인,피고인석...)	7개지점
방청석	6개지점
사이드 통로	4개지점

표 3-2 측정조건에 따른 수음점

측정조건	수음점
사진3-5와 같이 상하포인트별	4개지점
대형 뒷문 open/close시	4개지점

3. 3. 대법정의 잔향시간 측정분석 결과의 해석

표 3-3 측정조건에 따른 잔향시간(T30 공식시)

주파수[Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	비고	
T30[s]								
공 석 시	P1~P4	1.80	1.71	1.58	2.04	2.26	2.08	4.5m
		1.79	1.62	1.57	2.13	2.24	2.16	1.2m
	O1~O4	1.58	1.69	1.59	1.93	2.25	2.13	문 Open
	C1~C4	1.56	1.82	1.63	1.90	2.18	2.09	문 Close

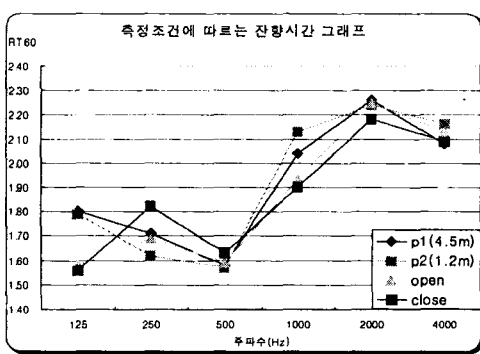


그림 3-3 대법정의 조건에 따른 잔향시간 그래프

표 3-4 분석조건에 따른 잔향시간 측정데이터(평균값)

측정위치(Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
대법관 및 변호인석	1.55	1.69	1.58	2.13	2.28	2.13
방청석	1.91	1.88	1.57	2.12	2.24	2.15
전체평균	1.75	1.79	1.59	2.11	2.26	2.14

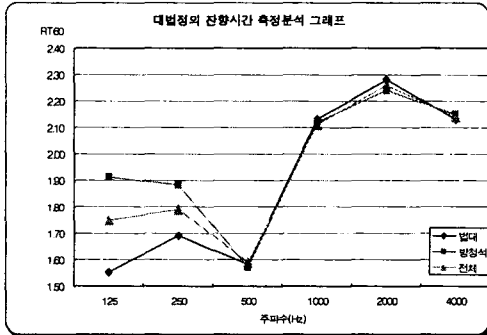


그림 3-4 대법정의 조건에 따른 잔향시간 그래프

대법정의 잔향시간을 측정한 결과 500Hz를 기준으로 공식시 1.59초정도를 나타내고 있음을 알 수가 있었으며 벽체의 재료가 대리석과 석고보드로 구성되어 대부분의 반사성 재료로 구성 되어 저 음역에서의 잔향시간

이 높을것으로 예상하였으나 오히려 측정결과는 저음역보다 고음에서의 잔향 시간이 2초이상으로 나타나 천정부분에서의 판진동에 의한 저음역의 잔향시간을 많이 흡수 한다 사실을 측정분석 결과 알 수 있었으며 법대부분의 잔향시간보다 방청석부분의 잔향시간이 높게 나타나고 있다는 것도 알 수가 있었다.

3. 4. 설계목표 잔향시간의 설정

잔향시간은 실의 음향효과를 좌우하는 중요한 요소로서, 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 대법정의 건축음향개선공사가 예정대로 추진되면 잔향시간의 변화값은 표 3-5와 같이 변화 될 것으로 예상된다.

표 3-5 대법정의 개선공사 전후의 잔향시간 예측값

구분	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
현재 측정값	1.75	1.79	1.59	2.11	2.26	2.14
이론적인 잔향시간 (현재의 계산값)	1.66	1.78	1.61	2.10	2.17	1.98
설계목표잔향 시간 권장값	1.32	1.21	1.10	1.00	1.00	1.00
개선공사후 목표잔향시간 계산예측값	1.38	1.15	0.97	0.91	0.87	0.78
측정값과 설계목표와의 차	0.37	0.64	0.62	1.20	1.39	1.36

표 3-5의 측정평균치와 개선공사후 목표잔향시간과의 개선예측치를 숫자상으로 비교하여 나타내면 500Hz에서 0.62초 그리고 1000Hz 이상에서는 1.20초에서 1.39초 정도로 개선값이 예측되나 이론치와 공사후 실측치에는 ±3% 정도의 오차를 감안 하여도 500Hz 기준으로 권장하는 Berneak의 회의장 및 법정의 권장치 1.1초와 비교하면 개선공사 후에는 이론적인 0.97초로 계산 예측되어 대법정의 활용에 있어서는 문제가 없을 것으로 사료되

며 현재보다 이론적인 계산값의 잔향음이 공석시 1,000Hz 이상에서 1초대이하로 감소됨으로 청감상의 음향효과가 클 것으로 예측된다.

IV. 대법정의 음향 개선전후의 실내음향인자 컴퓨터시뮬레이션 분석 비교 평가

4. 1. Computer Simulation 의 개요

건축음향 설계 시 실내의 음향조건을 분석하기 위하여 건축도면의 3D 형상화와 내장재료의 흡음률에 관련된 DATA를 입력하고 다음의 음향인자(잔향시간, 음의 명료도, 음압레벨 분포)를 Computer Simulation하여 실내의 음향성능 및 음향상태를 검증 할 수 있으며 Raynoise System의 Auditorium Acoustics에서 권장하는 Computer Simulation을 실행하여 설계 시 고려되는 실내 음향인자(잔향시간, 명료도)에 대하여 다음과 같이 검토 하였다.

4. 2. Rays Computer Simulation 입력 DATA

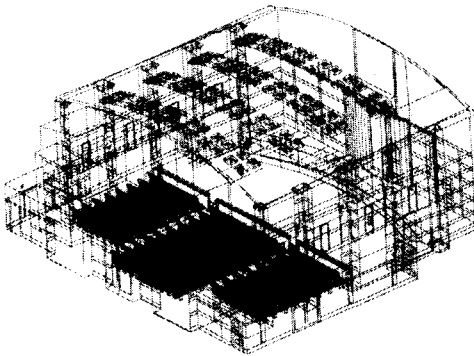
(가) 대법원청사 대법정의 MODELING

대법정의 음향 Simulation을 정확히 실행하기 위해서는 대법정의 형상 3D wire frame Modeling수는 다음과 같다.

Node 수 : 18000개 / Element수 : 6000개

(나) Raynoise Software 입력 DATA

a. 대법정의 3D WIRE FRAME CODING



- b. Sound Source의 설치위치
- c. 잔향시간의 예측, 지점선정
- d. 건축의 내부재료의 흡음률은 DATA 참조
- e. 기상조건은 온도 20.C 습도-50%(일반 설계조건)
- f. Number of Ray - 20000
- g. Reflection order - 50

4. 3 Computer Simulation 의 예측 결과

대법원청사 대법정의 건축설계 기본도면과 음향개선설계 기획 도면을 중심으로 중요 음향 설계 인자들을 이론 해석과 Computer Simulation에 의한 예측 평가를 다음과 같이 검토하였다.

(가) Echo Time의 3-D Sound Rays Computer Simulation

실내의 음원상에서 연속시간이 적은 단음을 발생시켜 줄 때 음원위치에서 객석의 어느 수음점에 도달하는 음은 직 접음과 벽, 천정, 바닥 등의 제1차, 제2차,... 등의 반사음으로서 다른 경로차에 따라 지연되어 도달하게 되는 현상을 반사횟수별, 반사소개별, 지연시간별 배열에 의하여 Echo Time Diagram을 검토하고 한 장의 Sound Rays Tracing Data를 그림 4-1에 나타내었다.

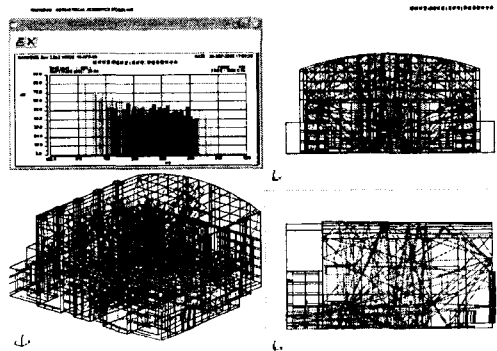


그림 4-1 대법원청사 대법정의 ray tracing 분석

4. 4. 잔향시간 (Reverberation time) Simulation

최적 잔향시간은 실내의 크기, 실의 용도 및 실의 형태, 실내 마감재료의 흡음 특성 등의 많은 요소에 의하여 결정 된다. 따라서 음이 공기중에 전파 될 때 흡수되는 현상을 반영하여 Knudsen 과 Harris에 의하여 제안 된

$$\text{식} : RT = K \cdot V / -S \cdot \text{Log}(1-a) + 4mV$$

를 잔향시간 Simulation Mapping 값으로부터 구하면 표 4-1의 DATA와 같다.

표 4-1 잔향시간의 개선공사전후의 Simulation 분석치

주파수	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
개선공사 전	1.72	1.84	1.65	2.2	2.3	2.0
개선보강공사 후	1.22	1.13	1.00	0.88	0.83	0.77

■ 대법원청사 대법정의 잔향시간 Simulation 평균 분석치 (개선전과 개선후)

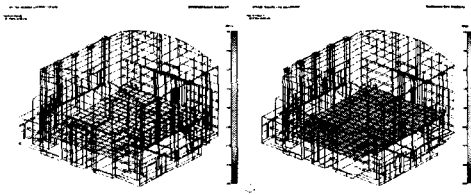


그림 4-2 대법정의 주파수 500Hz 잔향시간 MAP 분포도

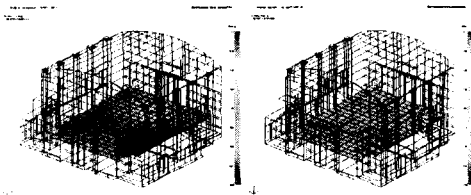


그림 4-3 대법정의 주파수 2000Hz 잔향시간 MAP 분포도

4- 5. MTF-STI의 평가(명료도) 개선전과 개선후

Moutgast와 Steeneken씨에 의하여 제안 된 평가방법으로 잔향 echo음 환경소음 등을 복합적으로 연관시켜 평가 계산하는 방법을 MTF - STI (Modulation Transfer Function)-(Speech Transmission Index)법이라 하여 평가방법은 그림 4-4와 같이 평가한다.

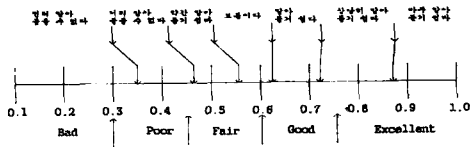


그림 4-4 대법정의 명료도평가

따라서 MTF-STI의 Computer Simulation Mapping DATA결과는 Speaker System의 Q값이 증가되므로 명료도가 대법정에서 0.60이상으로 균등하게(알아듣기 쉬운 정도) 분포되고 있다.

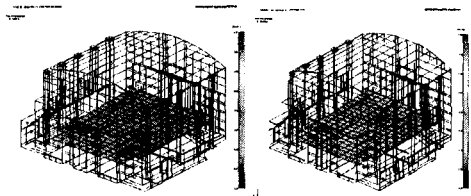
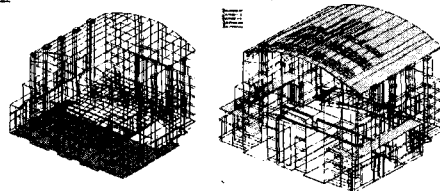


그림 4-5 대법정의 명료도(RASTI) MAP 분포도

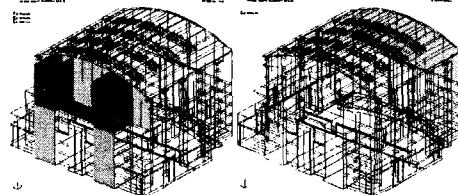
4- 6. 음향 개선설계 공정별 정리

대법정을 대상으로 음향 개선공사 전의 측정 기준 지점을 선정하여 대법정의 임펄스 응답 특성, 음향 평가 인자들을 컴퓨터 시뮬레이션으로 예측하고 개선 공사 전에 측정 분석한 결과를 종합 정리하여 거기에 음향개선에 필요한 부분을 종합적으로 정리하였다.

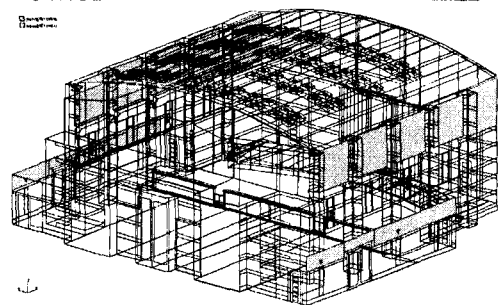
① 바닥과 천정의 음향개선부위



② 전면과 후면 벽 및 천정의 음향개선부위



③ 사이벽체의 음향개선부위



VII. 향후 연구과제

이번 개선공사 후 대법정의 실제의 음향상태의 변화값을 알수는 없으며 재료의 구체적인 선정과 실제로 공사 후 측정분석은 통하여 측정결과를 비교분석 하도록 하겠다.

1. Beranek, Leo.: Concert and Opera Halls, How They Sound. ASA, Woodbury NY, 1996.
2. 松井昌幸: "オーディリアムの音響設計", 材料と設計, Vol.4, No.3, 1958.
3. 船越義房: "多目的 ホールの音響設計概要", 建築設備, Vol.23, No.26, 1972.