

음향시뮬레이션을 이용한 실내음향해석

- Multiplex영화관을 대상으로 -

○ 윤 창연*, 정 갑철**

Indoor Acoustic Analysis Using Acoustic Simulation Of Multiplex Cinema

○ Chang Yeon Yun*, Kab Chul Jung**

ABSTRACT

The background noise and transmission loss of wall were measured on site for the multiplex cinema. The results from the simulation analysis was compared with the measurements from the site for different frequencies to review the acoustical parameters, and the analysis results in the relatively small error. Therefore, it is concluded that the reliable estimation can be made once accurate data such as sound source and sound absorption coefficient of interior material is utilized during the simulation process. However, the calibration is necessary for the test room with the small room volume.

1. 서론

최근 음향시뮬레이션에 대한 관심이 높아지면서 음향설계시 음향시뮬레이션을 참고하는 것이 보편화되고 있다. 그러나, 음향시뮬레이션 수행시 정확한 데이터의 부재로 인해 결과값이 측정값과는 다소 차이를 보이는 것이 현실이다.

본 논문에서는 준공을 앞둔 Multiplex영화관을 대상으로 음향시뮬레이션 해석치와 실측치에 대한 비교분석을 하였다. 한편, 일반적인 영화관의 평가

기준에 대해 알아보고 이를 기준으로 음향시뮬레이션을 평가하였다.

대상영화관은 백화점내에 위치해 있고, 각각의 영화관이 2층 구조로 총 8개관과 메인홀, 게임센터, 영화관을 이어주는 복도 등으로 구성되어 있다. Multiplex영화관이란 특성상 인접 영화관 사이의 소음진동에 대한 각별한 주의가 필요하다. 각 관은 118석에서 297석까지의 소규모로 구성되어 있다.

2개관을 대상으로 암소음, 벽체차음량 등을 측정하였고, 광음향해석프로그램을 사용한 음향시뮬레이션과의 검토를 위해 기본적인 음향파라미터를 측정분석하여 비교하였다. 비교파라미터는 음압레벨, 잔향시간, Definition, Clarity 등이다.

* 대우건설 건축연구팀 주임연구원

** 대우건설 건축연구팀 책임연구원

2. 영화관에 대한 평가기준

영화관에 대한 기준은 일본영화기계공업협회 (JMS 409)와 THX License Agreement 및 일반적으로 사용되는 평가기준 등이 있다.

2.1 일본영화기계공업협회(JMS 409)

일본에서는 일본영화기계공업협회에 의해 “효과적 영화극장 설계의 가이드라인”이 제시되어 있으며, 그 중 관련된 내용을 정리하면 다음과 같다.

(1) 외부 소음

외부소음에는 인접된 건물, 지하철, 철도, 자동차, 항공기, 헬리콥터, 빗소리 등이 있다. 철근 콘크리트의 보통건물이면 약 40dB의 차음효과가 있으므로 소음방지 조제의 범위내의 소음에 대해서는 문제가 없다.

지하철, 항공기 이착륙소음 등 특수한 환경을 제외하고는 건축물 내부에서 발생하는 소음을 중점적으로 조치해야 한다.

(2) 차음

일반극장의 소음 기준은 NC-30, 특히 음향을 배려한 극장에서는 NC-25를 권한다.

Table 1. NC 25의 주파수별 소음도

주파수대역	1/1 Octave Band Frequency (Hz)							
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
소음도(dB)	55	46	38	31	28	25	22	21

객석에 영향을 주는 것은, 통로와 관객석의 간격, 출입문 및 영사창이다. 출입문(방음문 = 차음문)의 차음효과는 간단한 것으로는 약 20dB, 내부에 유리섬유를 충전한 양면 합판 구조는 약 40dB 이므로 극장 외부통로의 소음이 크다고 생각될 때에는 2중 문으로 하는 것이 완전하다.

영사창은 광학적 견지에서 고려되어야 한다. 유

리 한 장은 사방을 실리콘으로 고정시켜도 약 30dB의 차음효과가 있으므로 유리를 권장한다. 사용할 유리는 양면이 저반사 처리되는 것 등, 화질 열화를 야기하지 않는 재료를 선택해야 한다.

(3) 공조소음

공조소음에는 공조 기기에서 발생하는 기기 소음과 덕트에 의해서 전달되는 것과 덕트내의 기류에 의해서 발생하는 것들이 있는데 계산을 통해 기대하는 NC를 확보하는 것이 용이하다.

(4) 잔향시간

학자, 연구자에 따라서 극장의 500Hz에 있어서의 최적 잔향시간과 500Hz에 대한 주파수에 대한 비를 나타내고 있다. 500Hz에 있어서 최적 잔향시간은 아래와 같고, 고주파수쪽은 500Hz와 동등하고 저주파수 측은 140%가 최대이다.

Table 2. 최적 잔향시간(500Hz)

중형 극장	0.5 sec ± 25%
대형 극장	0.7 sec ± 25%

영화관에서는 콘서트홀, 다목적 홀에 비해서 짧은 잔향시간이 요구된다. 잔향시간을 짧게 하려면 내부의 표면적을 크게 하거나 평균 흡음율을 증가시켜야 한다.

또한 잔향시간에 영향을 주는 요인은 의자의 재질과도 관계가 있다. 관객의 흡음력을 아래에 나타냈다. 그러나 공석의 경우는 의자의 흡음력이 그 재질에 따라 다르므로 관객의 흡음력과 현저하게 다른 흡음력을 가진 의자를 설치했을 경우는 관객수의 변화가 그대로 잔향시간에 영향을 주게 된다.

Table 3. 관객의 흡음력

주파수(Hz)	125	250	500	1k	2k	4k
흡음력	0.26	0.27	0.32	0.34	0.32	0.31

(5) 음압 분포

영화는 원칙적으로 스크린 뒤에 있는 스피커를 음원으로써 평균음압(85dB)을 낸다. 각 관객석에 있어서의 음압 레벨차는 1층 구조는 ±3dB 이내, 2층 구조는 ±5dB 이내이다.

2.2 THX License Agreement

최근에 규모가 큰 영화관의 경우 THX프로그램을 채용한 경우가 많다.

(1) 차음 규정 : NC-30이하가 요구되며 주위 오디오리움으로부터의 순음이 들려서는 안된다. 소음이 들릴 때에는 보정방법이 요구된다. THX는 가능한 외부소음이 일정시간의 90%에 대한 극장 압소음을 NC-25이상 올리지 않도록 극장간 소음감소 목표치를 주파수별로 다음과 같이 추천하고 있다.

Table 4. 주파수대역별 차음량

주파수 (Hz)	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000
차음량(dB)	38	48	52	54	66	66	66	66

(2) 잔향시간 규정

최적 잔향의 크기는 실크기에 따라 변화한다. THX program은 개별 극장에 대해 잔향시간에 대한 사양을 제공한다. Fig 1은 가이드라인이다.

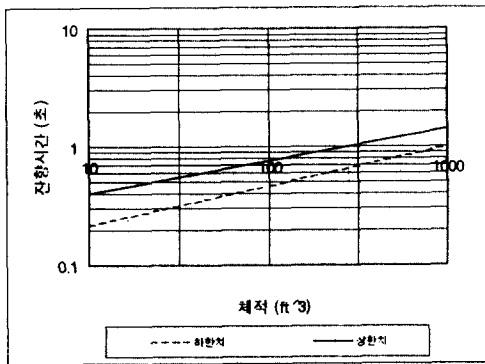


Fig 1. THX 잔향시간 가이드라인

Fig 1은 실제적에 따른 500Hz 잔향시간의 상한치와 하한치를 보여준다. THX 영화관은 500Hz에서 제한선을 넘어서서는 안된다. 적정 잔향시간은 주파수에 따라 변화하며 31.5Hz에서 8kHz까지 1/1 옥타브 밴드로 측정하여야 한다. Fig 1에서 구한 500Hz의 상하한값을 계산하여 아래의 차트로부터 주파수별 잔향시간의 특성을 구한다.

31.5Hz에서 16kHz까지의 잔향시간은 뚜렷한 2개의 경사가 없이 시작값에서 최소 30dB까지는 아주 부드러운 감쇠특성을 가져야 한다.

2.3 일반적인 평가기준

(1) 압소음

실내소음을 평가하는 기준으로써 구미에서는 NC(noise criterion)값과 국제표준기구인 ISO(International Organization for Standardization)에서 제안하고 있는 NR(noise rating)값을 사용하고 있다. 일본의 경우에 있어서는 일본건축학회의 권장기준인 N곡선과 dB(A)에 의해 평가하고 있다. 그러나 국내에서는 아직 평가기준이 마련되어 있지 않아 외국의 평가방법을 수정없이 도입하여 사용하고 있는 실정이다.

Table 5는 Beranek의 실내소음의 허용치를 나타낸 것이다.

Table 5. 실내소음의 허용치(Beranek)

실의 종류	NC값	dB(A)	실의 종류	NC값	dB(A)
방송 스튜디오	NC15~20	25~30	주택(침실)	NC30	40
콘서트홀(음악당)	NC15~20	25~30	영화관	NC30	40
극장	NC15~20	25~30	병원	NC30	40
(500식,확성장치무)			교회	NC30	40
음악실	NC 25	35	도서관	NC30	40
교실(확성장치무)	NC 25	35	상점	NC35~40	45~50
집합주택, 호텔	NC25~30	35~40	식당	NC45	55
회의장(확성장치무)	NC25~30	35~40	운동경기장	NC50	
재판소	NC30		(확성장치유)		
TV 스튜디오	NC25				

3. 음향파라미터 측정 및 해석

3.1 측정결과

영화관 8개관 중 제 2관, 4관 2개관을 대상으로 명료도를 평가하는 대표적인 음향파라미터 중 잔향시간, Definition, Clarity에 대해 측정하였으며, 공조기 가동시의 암소음과 인접한 영화관에 대한 영향을 알아보기 위해 벽체 차음량을 측정하였다. 대상영화관의 규모는 Table 6, 측정점 및 평면도는 Fig 2와 같다.

Table 6. 대상영화관의 규모

제 2관	297석(용적 1498 m ³) (높이 7.47 m)×(폭 15.5 m)×(길이 21.17 m)
제 4관	174석(용적 1085 m ³) (높이 6.78 m)×(폭 10.08 m)×(길이 20.7 m)

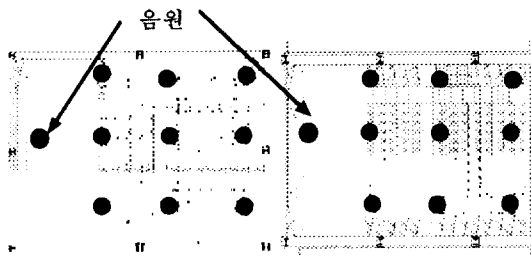


Fig 2. 대상영화관의 측정점 및 평면도

음향파라미터 측정Diagram은 Fig 3과 같다.

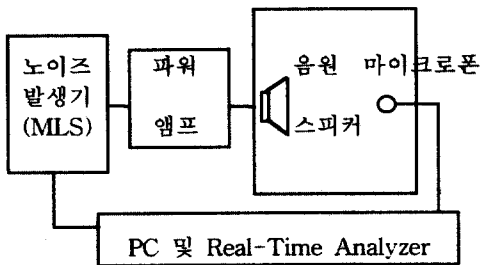


Fig 3. 음향파라미터 측정Diagram

측정결과, 잔향시간은 제 2관에서 주파수별로 0.44~0.71초, 4관은 0.37~0.61초로 나타났다. THX 허용 권장기준과 비교해 볼 때 2관 모두 기준치에 속하는 값이나 4관은 주파수별로 최소권장기준에 근접하여 잔향시간이 다소 짧음을 알 수 있다.

Definition은 제 2관에서 71~92%, 4관은 78~94%로 나타나 기준치인 60%를 만족하였다.

Clarity는 제 2관에서 9~13dB, 4관은 10~14dB 로 기준치를 초과하는 높은 값을 나타냈다.

암소음은 영화관 실내평면상의 5점에서, 마이크로폰의 높이는 바닥위 1.5m에 고정시킨 후 동시 측정을 하였다. 공조기 가동시와 비가동시로 나누어 측정하였으며, 측정방법은 Tape Recorder를 사용하여 녹음한 후 Real-Time Analyzer에서 1/1 Octave Band별로 재생하여 값을 비교하였다. 공조기 가동시 NC-30, 공조기 비가동시 NC-25로 영화관의 권장 암소음인 NC-30을 만족하고 있는 것으로 판단된다.

벽체차음량은 4관과 인접한 5관을 대상으로 음원은 4관 벽체에서 3.5m떨어진 곳의 바닥위 1.5m에 5관 방향으로 설치하였고, 마이크로폰은 4관과 5관의 벽체에서 1m 이격하여 바닥위 1.5m높이에 고정시켜 측정하였다. KS F 2809(건축물 현장에 있어서의 음압레벨차의 측정 방법)에 의거 주파수대역별로 소음을 발생시키면서 벽체의 차음성능을 측정하였다. 단, 주파수대역은 125Hz에서 4000Hz이다. 측정된 음압레벨차는 THX기준과 비교하여 매우 우수하여 공기전달음에 대한 문제는 없는 것으로 판단되었다.

Table 7. 벽체차음량의 비교

	1/1 Octave Band Center Frequency (Hz)					
	125	250	500	1K	2K	4K
음원 소음도	71	86	100	108	114	108
수음 소음도	17	24	25	32	25	23
차음량	54	62	75	76	89	85
THX권장차음량	52	54	66	66	66	66

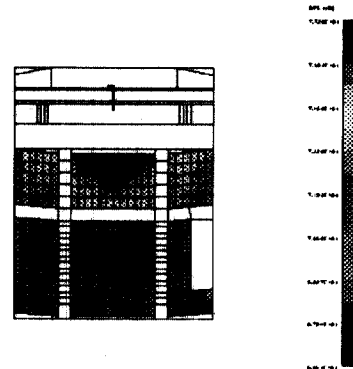
3.2 Simulation에 의한 해석

기하음향법을 이용한 해석을 위해 AutoCad R14 를 이용하여 모델링을 하였으며 음원의 위치는 측정시와 동일하게 입력하였다. 신뢰성있는 해석을 위해 음원스피커에 대한 Polar Response는 무향실에서 측정된 값을, 실내마감재료 중 면적이 큰 천장, 측면 흡음재 및 반사재, 전후면 벽면, 카페트 등에 대한 흡음율 값을 잔향실법 흡음율에 의한 측정값을 입력하였다. 해석대상관의 실내마감재 구성은 Table 8과 같다.

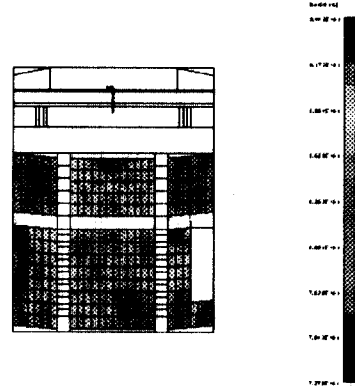
Table 8. 대상관의 실내마감재 구성

실내 마감재		표면적 (m ²)	
		2관	4관
바닥	콘크리트	82.6	51.7
	카페트 타일	125.5	78.4
측벽 상부 및 스크린측벽	석고보드+G·W 64K 100T+부직포	203	217.6
측벽 하부	석고보드위 부직포 페인트 마감	189.9	138.1
영사실측벽	석고보드+G·W 64K 50T +wood wool panel 25T	53.4	34.9
천정	공기층+wood wool panel 25T	332.7	211.4
의자	극장용	123.2	75.4
출입문	차음문 및 비상문	7.4	4.9
난간	석고보드	6.5	5.4
영사실창	-	0.6	0.6
총면적		1124.8	818.6

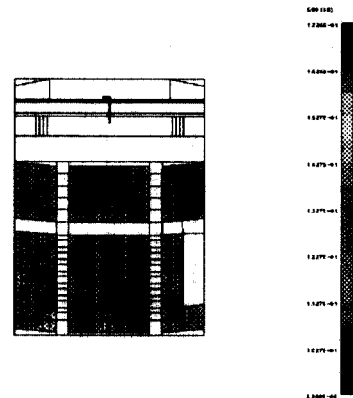
Simulation에 의한 음향파라미터 결과는 Fig 5와 같다.



(a) SPL



(b) Definition



(c) Clarity

Fig 5. 음향파라미터 결과(2관의 1kHz 해석결과예)

4. 결과 분석

2관, 4관의 실내음향파라미터에 대한 측정값과 Simulation에 의한 해석 결과 비교는 다음과 같다.

각 관의 결과비교는 Fig 6~7과 같다.

4.1 잔향시간

실내음향 특성을 표시하는 물리량으로서, 가장 기본적인 척도이다.

실측치와 해석치는 주파수별로 2관에서 최대 0.06, 4관에서 0.05초의 오차를 나타내 매우 유사한 분포를 보였고, THX프로그램에서 권고하는 잔향시간과 비교시 대상관 모두 기준치를 만족하나 4관은 최소허용기준에 근접하고 있어 실규모에 비해 잔향시간이 다소 짧은 것으로 판단된다.

4.2 Definition

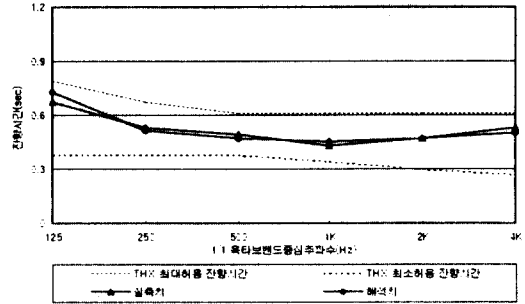
Impulse Response의 전체 에너지에 대한 초기 50ms까지의 에너지의 비로서 보통 회화의 명료도를 나타내는 척도이다.

실측치와 해석치는 주파수별로 2관에서 최대 8%, 4관에서 4%의 오차를 나타냈다. 2관에서 71%~92%, 4관에서 78%~94%의 분포로 기준치인 60%를 상회하는 값을 보이고 있다. 잔향시간이 실용적에 비해 짧은 것에 기인한 것으로 현장감과 생동감이 다소 떨어질 것으로 판단된다.

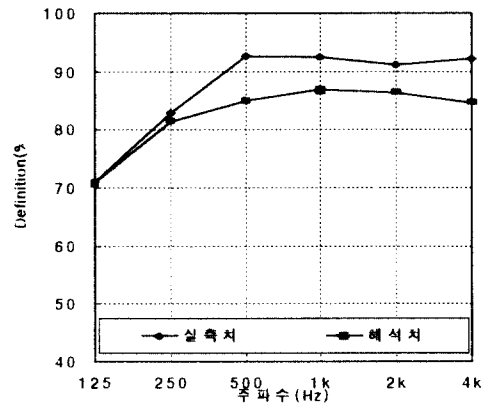
4.3 Clarity

Impulse response의 80ms이후의 전체 에너지에 대한 초기 80ms까지의 에너지의 비를 dB로 나타낸 것이며 보통 음악의 명료도를 나타내는데 사용한다. 빠른 음악의 경우, C = 0 dB 이상을 권고하며 너무 높은 C값은 음악의 명료도는 좋으나 생동감을 떨어뜨린다.

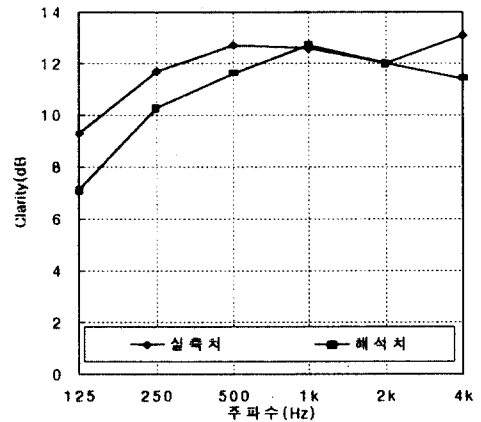
실측치와 해석치는 주파수별로 2관은 실측치 및 해석치 모두 7~13dB의 분포로 저주파대역에서 2dB의 오차를 보였다. 한편, 4관은 실측치 10~14dB의 분포를, 해석치 10~17dB의 분포로 최대 5dB의 오차를 보였다. 시뮬레이션에 의한 해석시 Clarity는 실용적이 큰 대상실에서는 실측치와 유사한 값을 보이나 실용적이 작은 대상실에서는 실측치보다 다소 높게 나오는 것으로 판단된다.



(a) 잔향시간

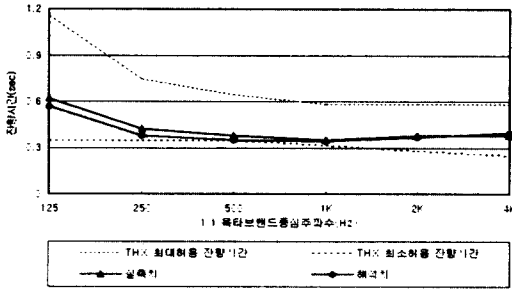


(b) Definition

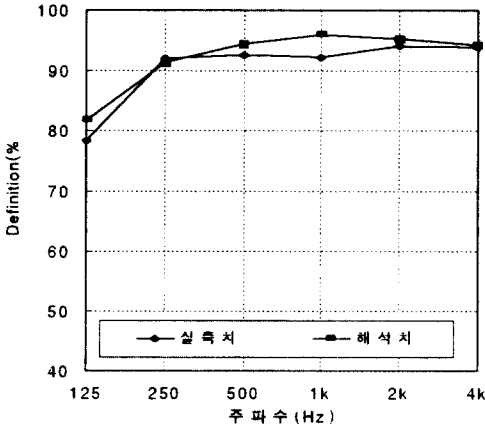


(c) Clarity

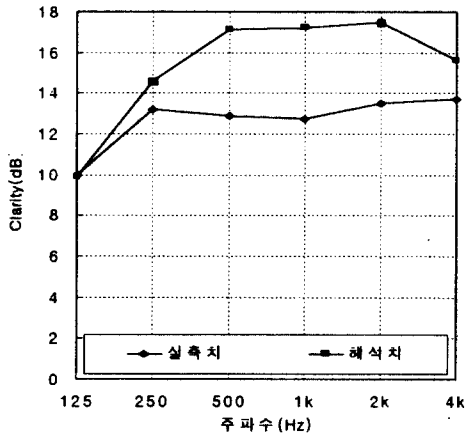
Fig 6. 음향파라미터 비교(2관)



(a) 잔향시간



(b) Definition



(c) Clarity

Fig 7. 음향파라미터 비교(4관)

5. 결론

Multiplex영화관을 대상으로 암소음과 벽체차음량을 측정하였으며 음향시물레이션의 검증을 위해 2개관을 대상으로 객석의 9점에서 음향파라미터를 동시 측정하여 이를 음향시물레이션에 의한 해석치와 비교·분석하였다.

암소음은 공조기 가동시 NC-30, 공조기 비가동시 NC-25로 영화관 권장기준치인 NC-30을 만족하였다. 벽체차음량 역시 THX기준과 비교하여 우수하여 Multiplex영화관의 기존구조에 비교해 볼 때 진동에 대한 배려가 필요하다고 판단된다.

음향파라미터는 잔향시간, Definition, Clarity에 대해 분석하였다. 단일음원에 대한 정확한 데이터 값과 실내마감재에 대한 시공조건과 동일한 조건 하에서의 잔향실법 흡음율을 사용하여 음향해석결과는 비교적 적은 오차를 나타냈다.

잔향시간은 2개관 모두 THX기준을 만족하고 있으나 실용적에 비해 다소 짧다는 판단이다. 특히, 4관은 THX기준을 만족하나, 실용적에 비해 흡음재가 과다하게 구성되어 있어 THX최소허용기준에 근접해 있다. Definition, Clarity는 짧은 잔향시간으로 모두 기준치를 넘는 값을 보이고 있다. 분석결과 Clarity는 실용적이 작은 대상실에서는 실제보다 높은 오차를 보이고 있어 이에 대한 보정이 필요하다.

한편, 높은 명료도로 인해 공간감, 현장감이 결여되어 들릴 수 있으나 영화관에서는 대부분의 음원이 적절한 음향효과가 포함된 채로 스피커를 통해 발생하므로 문제가 되지 않을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 일본영화기계공업회, 효과적 영화극장설계의 가이드라인, JMS 409, 1996
2. THX License Agreement
3. 한국표준협회, 건축물의 현장에 있어서 음압 레벨차의 측정 방법, KS F 2809