

체육관의 실내음향계획

REPORT

Acoustic Design of Gymnasium

by Shon, Jang Yeul

1. 체육관과 건축음향

과거에는 체육관의 음향환경에 대해서는 그다지 관심을 갖지 않았으며 음향설계의 대상에서 제외되어 있었다. 따라서 말은 잘 전달되지 않고 음질도 나쁜 상태여서 집회나 음악연주시 소리가 울려 퍼지고 (에코가 생겨) 음이 모이지 않는 현상 등이 나타나는 것이 일반적이었다. 최근에는 천장면을 흡음처리하고 홀(Hall) 용의 전기음향설비를 설치하는 등 체육관 실내에서도 음향을 고려하는 것이 상식화되어 체육활동 외에 일반집회시에도 충분히 이용할 수 있게 되었다. 그러나 보다 더 좋은 음향성능을 얻기 위해서는 체육관 건축의 음향적 특색을 검토하고 그것에 맞는 건축음향계획이 건축기본 계획시부터 시공의 전과정에 이르기까지 필요하다.

2. 실내음향설계와 잔향시간

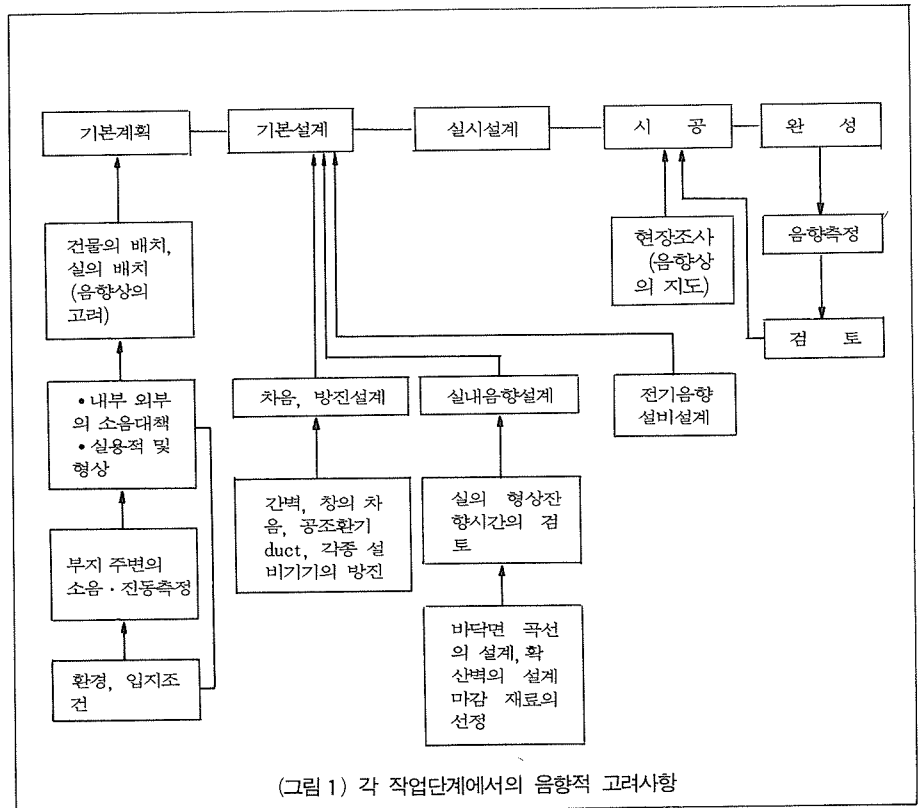
(1) 음향설계의 진행방법

건물의 실내 음향설계를 유효하게 하기 위해서는 음향설계자가 기본계획의 단계 부터 완성후 음향측정, 검토에 이르기까지 건축설계자와 밀접한 연결을 갖는 것이 바람직하다. 각 작업단계에서 고려하여야 할 사항을 (그림 1)에 나타낸다.

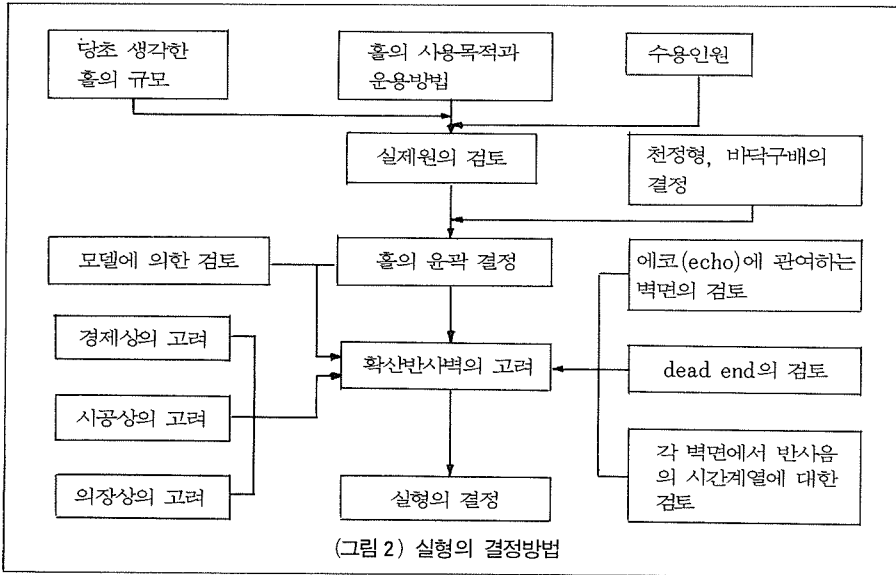
(2) 다목적 Hall의 사용목적과 기본계획
체육관은 음향적 측면에서 볼 때 다목적의 큰 Hall이라 할 수 있으며, Hall을 다목적으로 사용하는 경우에는 사용내용에 의해 각각의 최적잔향시간이 다른 것이 음향설계상의 문제점이다.
예를들면 오케스트라의 연주에 대해서는 충분한 잔향시간이 요구되지만 명료도를 필요로 하는 강연에 대해서는 짧은 잔향을 필요로 한다. 각종용도에 대한 음향특성상 유연성을 갖게 하기 위해 건축음향적 또는 전기음향적으로 잔향시간을 가변하는 일도 시험되고 있지만 시공의 관계 및 실제 효과에 대해서는 의문점도 많다. 이와같은 다목적 홀에서는 설계 목표치를 정하는 일이 꽤 어렵지만, 홀이 건설되는 도시의 현상 및 건축주측의 의향을 충분히 파악하고, 유동적인 환경의 변화에도 대처할 수 있게 장래의 사용현황을 고려하여 결정하는 것이 요구된다.

(3) 실형(室形)의 설계

실형의 설계는 실의 사용목적에 대해서 경제상, 시공상, 의장상의 고려를 해가면서 음향적으로 가장 좋은 형과 크기를 결정하여 가는 설계이다. (그림 2)는 형의 결정방법에 대한 순서를 나타낸다. 이 그림에서 나타내듯이 건축주 또는 시공주로부터 의뢰된 건축의 설계를 담당하는 건축가에게서 제시된 건물의 개요를 보면 우선, i) 사용 목적에



(그림 1) 각 작업단계에서의 음향적 고려사항



(그림 2) 실형의 결정방법

맞는 크기인가에 대한 종합적인 검토를 행함과 동시에, ii) 객석내에서 반사음이 가능한한 일정하게 분포하도록 천정형 및 객석바닥 구배의 검토를 행하면서 일단면형의 윤곽을 결정하고, 동일한 검토를 iii) 평면형에 대해서도 실시한다. 또한, iv) 에코(echo)에 관여하는 벽면이 존재할 가능성이 있는 경우는 그 벽면에 대해서 내장재료의 선정과 동시에 확산벽을 채용할 것인가에 관한 검토를 행한 후, 건축상의 제조건을 포함해서 종합적인 형을 결정하여 간다.

(4) 음향장해의 방지

에코(echo), 플러터에코(flutter echo), 음의 초점, 속삭이는 회랑(Whispering Galleries) 등의 이상현상은 주로 실의 형에 기인한다. 에코는 계속 시간이 대단히 짧은 직접음과 1차 반사음과의 시간차가 약 50ms(음의 행로차: 17m) 이상이면 발생하며, 플러터 에코란 반사성 평행벽면 사이에서 반사를 거듭하므로써 발생하는 복합된 에코 현상을 말한다. 음의 초점은 실내 벽면의 일부 또는 전부에 뒀곡면으로 형성되어 있는 경우 실내에 불균일한 음장이 발생하며, 음의 모입효과에 의해 특정한 점에 음이 집중 되는 현상을 가리킨다.

또한 속삭이는 회랑이란 반사면이 큰 뒀곡면을 이루고 있으면 음은 그 면의 주위를 진행하여 몇번이고 반사하고, 속삭이는 소리는 대단히 멀리까지 명료하게 들을 수가 있는 현상으로 런던의 St. Paul 사원의 대 돔의 회랑은 이 현상으로 특히 유명하다.

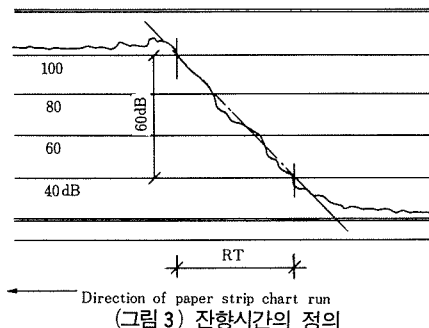
실형의 설계에 있어서는 우선 이러한

현상이 생길 가능성이 있는 형은 피하도록 유의할 필요가 있다. 적절한 형에 있어서는 내장설계가 대단히 용이하지만, 부적절한 형을 부득이 취한 경우에는 최적잔향 조건을 만족하게 하는 것은 2차적으로 생각하고, 장애가 되는 현상이 일어나지 않게 내장재료의 선정을 우선 고려해야 한다.

(5) 잔향시간

극장에서 음악이 아름답게 들리는 것은 악기에서 나온 음이 벽에 몇번씩이나 반사하여 연주가 끝난 후에도 실내에 음이 남아있기 때문이다. 이와같이 음원에서 발생이 중지된 후에도 음이 실내에 남는 현상을 잔향(reverberation)이라 하고 그 정도를 나타내기 위하여 잔향시간(reverberation time)을 사용한다.

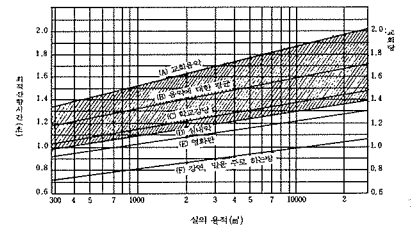
잔향시간이란 실내의 음원으로부터 소리가 끝난 후, 실내에 음의 에너지 밀도가 그 백만분의 일이 될 때 까지의 시간 즉, 실내의 평균에너지 밀도가 초기치보다 60dB 감쇠하는데 소요된 시간을 말한다. 이것은 실의 용적과 벽면의 흡음도에 따라 결정되며, 실험태와는 관계가 없다. 또한 주파수에 따라 그 값이 변화하고, 일반적으로 500Hz를 기준으로 한다.



(그림 3) 잔향시간의 정의

실의 사용목적 및 용적에 맞는 적당한 크기의 잔향시간을 최적잔향시간 또는 설계목표 잔향시간이라고 하며 용도에 따른 최적잔향시간과 실용적과의 관계는 Knudsen-Harris, Beranek, Ingerslev Bruel 등에 의해 여러가지로 제정되고 있다.

[그림 4]는 일반적으로 널리 쓰이는 것으로 Knudsen-Harris가 제안한 500Hz에서의 음에 최적잔향시간을 표시한다.



(그림 4) 용도에 따른 최적잔향시간(청중66% 수용시 500Hz 기준)과 실용적과의 관계 (Knudsen-Harris)

여기서 강연실, 영화관, 학교강당의 홀에 대한 최적잔향시간은 단선으로 음악에 대한 최적잔향시간은 폭이 넓은 대로서 나타내고 있다. 최적잔향시간은 먼저 실의 용적과 사용목적을 알고서 [그림 4]에서 500Hz에 있어서의 최적잔향시간을 결정한다.

잔향시간은 실의 용적과 벽, 천장, 바닥재료의 흡음률에 의하여 크게 좌우되며, 잔향시간의 계산식으로는 W. C. Sabine, C. F. Eyring, V. O. Knudsen 등이 제안하였다. 그중 가장 처음으로 W. C. Sabine이 실험의 결과, 잔향시간 T초, 실용적 Vm³, 실내의 총 흡음력 Am²와의 사이에 다음과 같은 잔향식을 제안하였다.

$$T = K \frac{V}{A}$$

3. 체육관의 음향적 특색

체육관의 음향적 특색을 서술하면 다음과 같다.

(1) 사용목적

체육관은 일반 다목적 홀에 비해 사용 목적이 보다 더 다양하다. 일반적으로 체육관에서는 체육활동 외에 여러가지 집회, 연예, 바자, 전시회 등의 각종 활동을 하며 따라서 사용목적이 무대에서의 모임을 중심으로 하는 일반 다목적 홀보다 오히려

다양하다. 또한 음원의 크기, 종류, 관객, 청중수, 배치의 패턴도 일정하지 않고 완전히 자유스런 형태이며 이 점이 무대와 객석 공간이 명확히 구분되고 있는 홀과 크게 다른 점이므로 음향설계도 이러한 전제에서 출발할 필요가 있다.

(2) 대용적공간에서의 사항
일반적인 다목적 홀의 경우에는 실용적이 완벽한 음향설계를 하기에는 작은 편이어서 어려움이 있으나, 체육관의 경우에는 오히려 용적이 지나치게 크므로 다음과 같이 음향적으로 불리한 점을 갖게 된다. 첫째, 동일정도의 내장에서는 용적이 클수록 잔향시간이 길게 되고, 잔향 시간이 2.5초(500Hz, 공석시 기준)를 초과하면 소리의 명료도 확보가 곤란하다.

둘째, 반사면간의 거리가 멀게되기 때문에 반사음이 있으면 롱 패스 에코(long path echo)가 생기고 음이 2중으로 들려 음향효과를 방해한다. 롱 패스 에코란 거리가 멀리 떨어진 반사성의 평행면(특히 용적이 큰 실의 천장과 바닥)에서 발생하는 에코 현상을 의미한다.

(3) 넓은 에리나(arena)의 영향
체육관 바닥은 어느 정도의 탄성을 갖는 목재바닥판이다. 이 목재 바닥판은 홀의 콘크리트 객석 바닥에 비교하면 판진동에 의한 저음역 흡음을 기대할 수 있기 때문에 음향적으로는 좋은 조건이 된다. 그러나 평평한(flat) 반사성의 바닥은 천장과의 사이에 플러터 에코(flutter echo) 현상을 발생시키는 원인이 될 수 있다. 또한 흡음특성에 결점이 있으면 면적이 넓기 때문에 내장구조에 의한 흡음특성의 보정이 곤란하다.

(4) 객석의 의자
홀의 의자는 그 면적이 많기 때문에 흡음면으로서 음향상 중요한 기능을 갖고 있다. 그러나 체육관의 경우 에리나는 가동 의자, 그 주위를 둘러싼 관람석은 플라스틱 형성의 고정 의자가 상식으로 되어 있어 의자에 흡음성을 기대하기가 어려우며 만일 극장의 의자 정도는 안되더라도 천 붙임의자를 사용하면 실내의 흡음효과는 대단히 좋게 된다. 따라서 외국에서는 최근에 다목적 체육관에서 관객석에 천붙임 의자를 사용하는 예가 증가하고 있다.

(5) 계획의 자세와 운용 체제
체육관이라는 명칭만으로 건축예산의 제약이 가해지는 경우가 있으나 다목적 모임을 갖는 기능을 충분히 만족시키기 위해서는

당연히 건축설비에도 상당한 비용은 예상하여야 한다. 또한 체육관에서는 관리 및 운용 체제가 문제가 될 수 있다. 건물이나 설비는 일시적인 투자로 해결되지만 관리, 운용에는 알맞는 사람 및 예산이 필요하다. 체육관의 용도가 다양할 수록 이를 운용하는 측의 기획과 열의가 체육관의 발전에 큰 역할을 할 수 있을 것이다. 다목적 체육관의 계획에 있어서는 그 관리, 운용까지를 고려한 구상이 필요하며 특히 음향계획에서는 체육관 계획의 초기단계부터 고려하여야 한다.

4. 체육관 음향설계의 실예

(1) 한양대학교 실내체육관
본 체육관은 서울특별시 성동구 행당동 한양대학교 내에 위치하고 있으며 '86아시아 게임, '88올림픽 배구장 및 대학 체육시설의 제 기능을 충족키 위한 다목적 체육관으로서 건립되었다. 수용인원 7,000명(좌석기준), 건축면적 4,752㎡(1,437평, 지층기준)와 연면적 29,605㎡(8,955평), 지하1층, 지상 6층의 규모이며, [그림 5]는 전경을 보여 주고 있으며 실제원은 <표 1>과 같다.

본 체육관은 대용적 공간으로서 평면 및 단면 형태상 미주 보는 평행벽면이 많고, 음향 장애 현상이 발생할 우려가 있어 전체적으로 흡음력의 증가가 요구된다. 따라서 설계목표 잔향시간은 1.4초(공석시 500Hz 기준)로 설정하였으며, 각 주파수 대역에 대한 설계목표

<표 1> 본 체육관의 실제원

구 분	제 원
바 닥 면 적	경기장 바닥 : 1,719.9㎡
	스탠드 바닥 : 1,446.5㎡
	목재의자 부분 : 1,750.0㎡
천 정 면 적	매달이흡음체설치부분 : 1,628.0㎡
	유공판 설치부분 : 4,440.8㎡
	트러스 노출부분 : 1,200.6㎡
벽 체 면 적	경기장 벽면 : 367.4㎡
	스탠드 뒷벽, 밀벽 : 2,294.2㎡
	스탠드 측벽 : 204.0㎡
	스탠드 뒷벽 상단 : 122.8㎡
	유 리 창 : 375.0㎡
	출 입 문 : 77.6㎡
실내전표면적(S)	15,626.8㎡
실내 전체적(V)	85,514.9㎡
체적(V)/표면적(S)	5.47
객 석 수	10,000석



(그림 5) 한양대 체육관 전경

<표 2> 체육관의 설계목표 잔향시간(sec)

주파수(Hz) 청중수	125	250	500	1000	2000	4000
공 석 시	2.0	1.6	1.4	1.4	1.4	1.4

잔향시간은 <표 2>와 같다.

실내음향상의 문제에 대한 보완책으로서 실내 마감재료의 변화에 따른 잔향시간의 계산에 의한 계획안을 제안하였으며, 이에 따른 부위별 실내 마감재료는 <표 3>과 같다.

<표 3> 계획안의 각 부위별 실내 마감재료

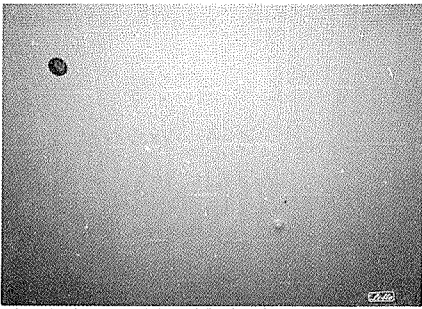
천장중요부분	천장주위부분	경기장벽	스탠드벽
슬레이트형 AI. 유공판(9φ-15 p-5t/공기층 100mm/G. W 50mm)	격자형 매달이 흡음체(AI. 유공판 9φ-15 p-0.6t)	고무 Rubber	시멘트 몰탈위 내부수성페인트(요철처리)

계획안은 천장의 흡음처리에 있어서 천장의 주위 부분은 AI. 유공판(9φ-5 P-0.6t)을 이용한 매달이 흡음체로써 배치형태의 디자인적인 효과를 얻을 수 있도록 하였으며, 나머지 부분은 흡음력의 부가를 위하여 <표 3>과 같은 슬레이트 형태의 유공판을 사용하는 것으로 하였다. [그림 6]은 유공판을 이용한 천장 주위 부분을 보여주고 있으며, [그림 7]에 천장의 중앙부분을 나타낸다. 또한 경기장 스탠드 벽면의 요철형태 처리에 의해 음의 확산 효과를 얻을 수 있고, 경기장 벽의 고무 Rubber 처리로 경기도중 선수들의 시설보호(Glare 방지) 및 충돌에 의한 충격도 완화시켜 안전상의 측면에서도 유리하다고 판단되며, 음향환경상으로도 커다란 무리가 없을 것으로 판단된다.

[그림 8]에 고무 Rubber로 처리한 경기장 벽면의 형태를, [그림 9]에 요철 형태의 목재리브를 나타내며, 그림 상부의 유리창 부분에 흡음을 고려하여 카텐을 설치한 것을 나타내고 있다.

<표 4>에 계획안의 청중수에 따른 1/1 옥타이브 대역 중심주파수별 잔향시간을 나타낸다.

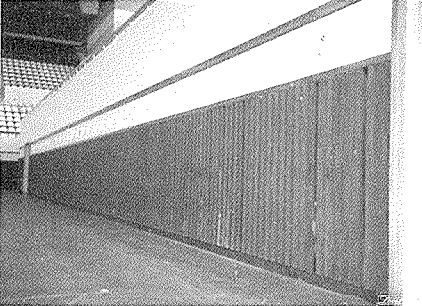
건물의 유지관리, 공사비 등을 고려하여



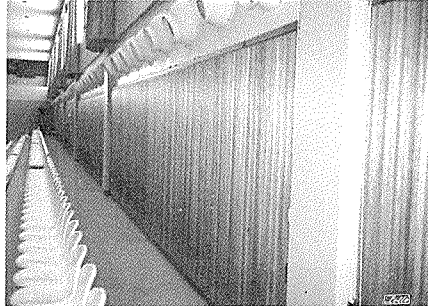
(그림 6) 유공탄을 이용한 천장주위부분



(그림 7) 천장중앙부분



(그림 8) 애리나 벽면의 형태



(그림 9) 스탠드 벽면의 형태

(표 4) 계획안의 잔향시간 계산에

실 명 : 한양대학교 실내체육관		실용적 (V) : 85,514.9 m ³		실표면적 (S) : 15,626.8 m ²										
청중수	재료 명	면적	125H Z		250H Z		500H Z		1,000H Z		2,000H Z		4,000H Z	
			흡음률	흡음력	흡음률	흡음력	흡음률	흡음력	흡음률	흡음력	흡음률	흡음력	흡음률	흡음력
공 석 시	의 자	1,750	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03		
	청 중	0	0.15	0.35	0.4	0.4	0.45	0.45	0.45	0.45	0.4			
	흡음력합계		3,522.6	4,998.6	5,516.2	5,557.7	5,216.2	5,211.9						
	평균흡음률		0.23	0.32	0.35	0.36	0.33	0.33						
	잔향 시간		3.4	2.3	2.0	1.9	2.0	1.6						
청 중 66%시	의 자	595	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03			
	청 중	6,600	0.15	0.35	0.4	0.4	0.45	0.45	0.45	0.45	0.4			
	흡음력합계		4,489.5	7,285.5	8,133.1	8,481.5	8,139.9	7,817.3						
	평균흡음률		0.21	0.35	0.39	0.40	0.39	0.38						
	잔향 시간		2.7	1.5	1.3	1.2	1.3	1.2						
청 중 100%시	의 자	0	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03			
	청 중	10,000	0.15	0.35	0.4	0.4	0.45	0.45	0.45	0.45	0.4			
	흡음력합계		4,987.6	8,463.6	9,481.2	9,987.7	9,646.2	9,159.5						
	평균흡음률		0.21	0.35	0.40	0.42	0.40	0.38						
	잔향 시간		2.5	1.3	1.1	1.0	1.1	1.0						

시공시 천장 주위 부분에 격자형의 매달이 흡음체를 유공아스칼 보드로 대체하고, 벽면의 목재리브 배후면에 글라스울을 제거하였는데, 체육관 실내의 전체적인 음향효과에 있어서는 커다란 차이가 없는 것으로 검토되었다.

(2) 마산시 실내 체육관의 음향환경개선 본 체육관은 마산시 양덕동에 위치하고 있으며, 1980년에 건립된 것으로 설계 및 시공시에 음향환경에 대하여서는 고려하지 않았던 관계로 각종 집회시 에코 및 명료도의 저하 등 건축음향적인 문제점이 나타나고 있었다.

이러한 문제점 해결을 위하여 실측에 의한 정확한 현상을 파악하고 음향환경 개선 방안을 제시하였다. 본 체육관의 실제원을

(표 5)에 나타낸다.

(표 5) 본 체육관의 실제원

구 분	제 원
바 닥 면 적	카페트부분 포함 : 1,116 m ²
	의자(플라스틱 / 압막지Cover) : 4,700 m ²
	로 알 박스 : 32 m ²
천 장 면 적	매달이 흡음체 포함 : 1,764 m ²
	경기장 벽면 : 283.8 m ²
벽 체 면 적	중 2 층 유리창 : 489 m ²
	4 층 유리창 : 638.3 m ²
실내전표면적 (S)	13,168.3 m ²
실내전체적 (V)	47,500.7 m ³
체적(V) / 표면적(S)	3.61

기존상태 및 개선안에 의한 시공후의 실내 마감재료의 종류를 나타내면 (표 6) 과

같다.

기존형태의 실내 마감 재료에 대한 흡음특성으로는 천정면에 사용된 석면스레이트의 경우 전주파수에 걸쳐 흡음을 0.25 이하(측정치)의 값을 나타내고 있으며 경기장 바닥에 사용한 아비돈(목재)의 경우에 있어서는 저음역에서도 흡음율 0.15(125Hz 기준)의 낮은 값을 보이고 있다. 또한 바닥 재료들은 콘크리트, 타일 종류로 거의 반사성의 재료이고, 객석의 플라스틱의자 역시 반사성의 재료로서, 이로 인한 잔향시간의 증가와 에코 및 명료도의 저하 등 음향장애 현상이 발생하고 있다.

(표 6) 기존상태 및 개선안에 의한 실내 마감재료

분류	기존상태	개 선 안
사용부위	천 장	나무리이트 유공판(직경 간격 불규칙 석면 슬레이 트 판)
	벽	원통형 매달이 흡음체 밀면 : 96% 개구율 알루미늄판+천불임+락크 울 50mm 열면 : 9φ -15P -0.6t 알루미늄판+천불임+락크울 50mm • 석면 스테이트 판
벽	경기장벽	목재(아비돈)
	유리부분	유 리 코펜하겐리브 36mm×50mm G. W 50mm 중량 48kg 흡음커튼
바 닥	콘크리트	키펫트
	목재(아비돈) 타일	압막지(의자) 화섬 48"

기존상태에서의 실측치와 잔향이론을 이용하여 구한 청중수별 잔향시간 계산치를 비교하여 (표 7)에 나타낸다.

(표 7)에서와 같이 중고음역에서는 실측치가 계산치에 비해 차이가 적으나 저음역인 125Hz에서는 2.26초(공석시), 250Hz에서는 1.16초(공석시), 많음을 보여주고 있다. 이는 저음파(250Hz 이하)에 의한 롱 패스 에코(long path echo) 현상이 심하게 발생하고 있음을 나타낸다.

또한 청전면과 바닥면(특히 객석부의 콘크리트 및 플라스틱 의자) 사이 반사성재료의 사용과 대응적에 의해 플러터 에코(flutterecho) 및 롱 패스 에코(long path echo)가 발생할 수 있다.

더우기 본 체육관의 경우에는 (표 7)에서 보는 바와 같이 실측잔향시간은 5.4초(공석시 500Hz 기준)로 최저목표잔향시간의 2배 이상이 되고 있다. 따라서 이상과 같은 문제점들의 해결을 위하여 개선안에 따른 실내 마감재료의 종류를 (표 6)에

(표 7) 기존상태에서의 잔향시간실측치와 계산치의 비교

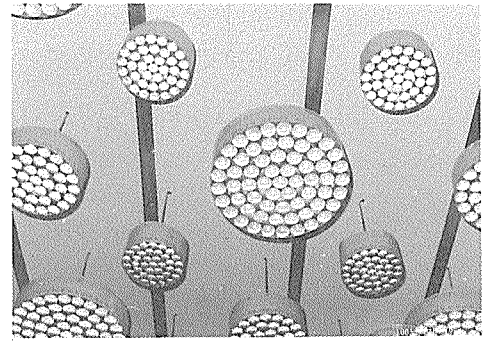
청중	내용	[주파수(Hz)]						
		125	250	500	1,000	2,000	4,000	
0 (%)	실 측 치	6.0	5.9	5.4	5.3	4.7	3.0	
	계 산 치	3.74	4.74	5.30	5.06	4.41	3.00	
	차이(실측치-계산치)	2.26	1.16	0.10	0.24	0.29	0	
66 (%)	실 측 치	3.73	3.18	2.70	2.58	2.32	1.80	
	계 산 치	2.66	2.77	2.67	2.51	2.23	1.80	
	차이(실측치-계산치)	1.07	0.41	0.03	0.07	0.09	0	
100(%)	실 측 치	3.09	2.54	2.10	2.00	1.80	1.47	
	계 산 치	2.30	2.26	2.08	1.95	1.74	1.46	
	차이(실측치-계산치)	0.79	0.28	0.02	0.05	0.06	0.01	
10,000명 수용시	실 측 치	1.90	1.44	1.13	1.06	0.95	0.84	
	계 산 치	1.54	1.33	1.12	1.04	0.92	0.84	
	차이(실측치-계산치)	1.36	0.11	0.01	0.02	0.03	0	

(표 8) 잔향시간 비교표

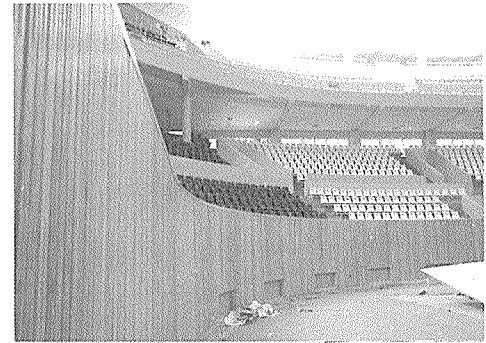
청중	내용	주파수(HZ)					
		125	250	500	1,000	2,000	4,000
0 (%)	바람직한 잔향시간 (최적잔향시간)	1.92	1.76	1.60	1.60	1.60	1.60
	조정된 잔향시간 (개선안)	2.46	2.40	2.23	1.88	1.60	1.29
66 (%)	바람직한 잔향시간 (최적잔향시간)	1.50	1.31	1.14	1.09	1.04	0.97
	조정된 잔향시간 (개선안)	1.93	1.76	1.57	1.34	1.14	0.98
100 (%)	바람직한 잔향시간 (최적잔향시간)	1.38	1.15	0.98	0.93	0.88	0.83
	조정된 잔향시간 (개선안)	1.72	1.53	1.34	1.15	0.98	0.86
10,000명 수용시	바람직한 잔향시간 (최적잔향시간)	1.02	0.78	0.62	0.57	0.53	0.52
	조정된 잔향시간 (개선안)	1.23	0.99	0.81	0.70	0.58	0.53

나타내었으며, 잔향시간 계산치에 의하여 2.23초(공석시 500Hz 기준)를 설계목표로 한 개선안의 잔향시간을 조정된 결과를 (표 8)에 나타낸다.
전기음향설비는 높은 출력의 스피커의 분산배치 및 수음부의 반사성 재료에 의한 심한 반사 때문에 잔향시간이 길어짐은 물론이고 명료도의 저하와 음향잔해(에코) 현상을 일으키고 있다.
제어방식에 있어서도 부분제어 방식이나 개별제어 방식이 아닌 전체제어 방식으로 인하여 공석시(3~4층) 더욱 큰 음향장해 현상을 초래하고 있다.
이러한 현상의 방지책으로서 각 부위의 흡음율이 높은 마감재료의 사용에 의한 흡음력의 부가가 요구된다.
또한, (그림 4)에서 실내용적 47,500m³(학교 강당기준)의 경우 다목적 체육관의

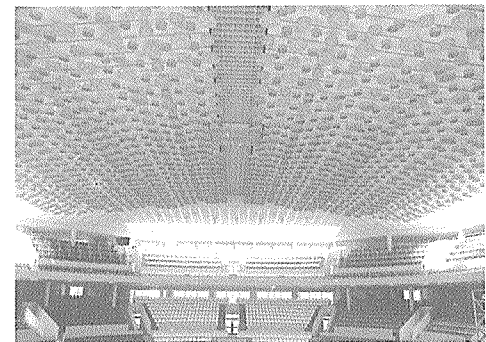
잔향시간은 1.6초(공석시 500Hz 기준)이며 2.5초(공석시 500Hz 기준)를 넘으면 음향환경상 불리한 것을 보여 준다.
(그림 10)에 원통형 매달이 흡음체의 형태를, 이를 이용한 천장부분의 배치형태를 (그림 11)에, 코퍼하젠리브를 이용한 경기장 벽면의 형태를 (그림 12)에 나타낸다.
원통형 매달이 흡음체 옆면의 공직경과 공중심간격 및 두께는 9φ~12P-0.6t Al.을 사용하여 공직경 45cm, 60cm, 90cm로 설계함으로써 저음역에서의 흡음 특성을 좋게 하였다. 또한 흡음체의 윗면은 개구율 100%, 밑면은 96%로 하여 흡음체 내부의 락크울(Rock Wool)의 흡음체로 하여 중·고음역에서의 흡음률을 높이고자 하였다. 따라서 매달이 흡음체의 흡음 특성은 전주파수역에 걸쳐 0.8 이상의



(그림 10) 원통형 매달의 흡음체 형태



(그림 11) 천장부분의 원통형 매달의 흡음체 배치형태



(그림 12) 애리나 벽면의 형태

높은 흡음률을 갖도록 설계하였다.
본 체육관의 음향환경개선 공사는 1984년에 실시하였으며 개선공사 결과 음향적으로 양호한 체육관이 되었다.

5. 맺으며

본 체육관의 기능을 제대로 발휘하기 위하여서 실내음향계획은 설계과정에서 중요한 요소중의 하나이다.
본고에서는 체육관의 설계에서 음향적으로 고려하여야 할 기본적인 사항과 실제 체육관의 실내음향설계에 대하여 소개하였다.
건축음향설계는 쾌적한 음향환경을 유지하기 위하여 건축의 기본계획 단계에서부터 고려되어야 할 것이다.