

집중기획

건축환경 및 에너지 신기술 개발 동향

K 문화센터 턴키설계사례

김 덕 수

(주)대우건설 (dsk4372@mail.dwconst.co.kr)

연 창 근

(주)한일엠이씨 (ckyeon@himec.co.kr)

K 문화센터는 공연 및 전시를 위한 고품격 문화 시설로서 주요 시설인 공연장은 규모 및 용도에 따라 오페라 극장, 콘서트홀, 실험극장으로 구분되어 있다. 공연장은 타 공간에 비해 높은 정속도와 쾌적한 내부 환경, 피난 계획 등을 필요로 하기 때문에, 이를 만족하기 위해서는 실의 특성에 적합한 공조 설비, 방음·방진 및 방재 설비 등이 뒷받침되어야 한다. 따라서 본 설계사례에서는 최고 수준의 공연장 계획에 적합하도록 각 분야별로 적용된 시뮬레이션 기법 및 신공법과 함께 주요 기계설비 계획에 대해 소개하고자 한다.

(4,948.12평)

-야외공연장 - 512.66㎡(155.08평)

· 주 용 도 : 공연 · 전시시설

설계조건

<표 1> 실외 설계 조건

구 분	건구온도(DB°C)	습구온도(WB°C)	TAC
하 계	31.2	25.5	TAC 2.5% 적용
동 계	-11.3	-12.4	TAC 2.5% 적용

<표 2> 실내 설계 조건

실 명	구 분	냉 방		난 방	
		온도(°C)	습도(%)	온도(°C)	습도(%)
공연장	객석	26	50	22	40
	무대	26	50	22	40
연습실		26	50	22	40
로 비		27	50	20	-
전시장		26	50	20	40

<표 3> 실내 허용 소음기준

실 명	기 준 치	실 명	기 준 치
공연장	NC 20-25, dB(A) 30-35	회의실	NC 25-30, dB(A) 35
사무실, 강의실	NC 35-40, dB(A) 40-45	로비, 홀, 복도	NC 40-45, dB(A) 50
세미나실, 도서관	NC 25-30, dB(A) 35	식당	NC 35-45, dB(A) 45-50

일반 사항

건물 개요

- 건물 명 : K 문화센터 건립공사
- 위 치 : 경기도 고양시 일산구 마두동
- 대지면적 : 54,239.4㎡(16,407.4평)
- 연 면 적 : 48,153.5㎡(14,566.4평)
 - 공연 · 전시동 - 20,364.90㎡ (6,160.38평)
 - 체육 · 문화 · 관리동 - 6,636.78㎡ (2,007.62평)
 - 도서관동 - 4,281.74㎡ (1,295.23평)
 - 지하주차장 - 16,357.41㎡

기계설비 개요

열원설비 계획

- 냉열원 설비 : 방축열 시스템(상시존) + 흡수



K 문화센터 턴키설계사례

식 냉온수기(간헐존, 냉방전용)

- 온열원 설비 : 지역난방용 콤팩트형 열교환기 (난방, 급탕용) + 콘덴싱 증기 보일러(가습용)
- 기 타 : 1, 2차 펌프 시스템 및 2차 펌프 인버터 제어, 냉온수 대온도차, 지하수 이용 열원시스템 및 지열이용 히트펌프

(공연시간 오후 4시부터~오후 10시 가정)

- 공연장 부하와 일사로 인한 외피부하가 동시에 발생하지 않도록 건물 배치 → 피크 부하 감소
- 부분부하율을 고려하여 열원장비 용량 산정
- 도서관동은 별도 열원 설치로 유지관리 분리에 대비

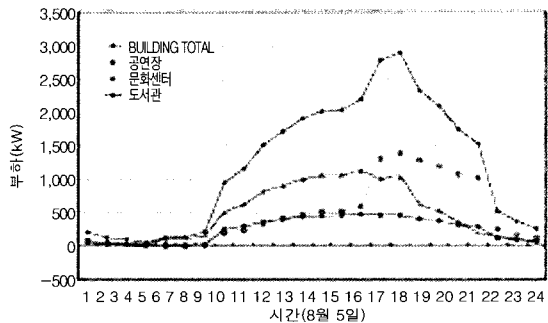
열원설비 분야 신기술 · 신공법

- 일조권 분석(그림 1, 2)
- 일조권 해석 프로그램에 의한 건물 내 일사영향 분석
- 연간 에너지해석 프로그램에 의해 연간 각 시간별 부하량 분석
- 장비용량 산정을 위한 부분부하 분석(그림 3)
- 오후 5시 피크 부하발생
- 일사부하의 실내축열 및 오후부터 공연장 장비 가동으로 인해 오후 5시에 피크 부하 발생

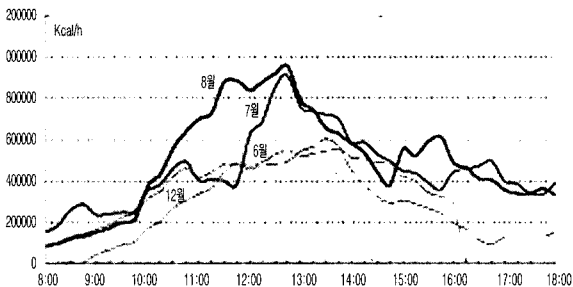
- 유량 밸런싱 분석(그림 4)
- Bond Graph 모델 분석 기법에 의한 배관 설계
- 유동 해석을 통한 최적의 배관 시스템 설계
- 정밀한 유량 선정 및 배관 설계로 부하 변동에 따른 최적의 유량 밸런싱
- 냉온수배관에 적용
- 풍량 밸런싱 분석(그림 5)
- 컴퓨터에 의한 3D 분석으로 풍량 밸런싱
- 3D 모델링에 의한 최적의 덕트 설계
- 경제적인 덕트 설계로 공사비 감소



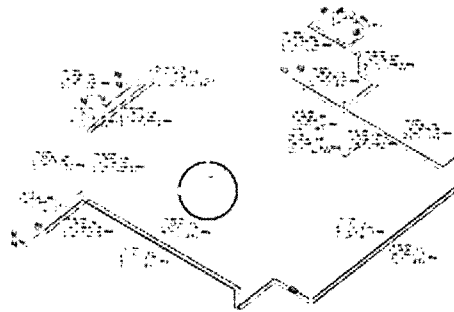
[그림 1] 시간별 일사영향 분석



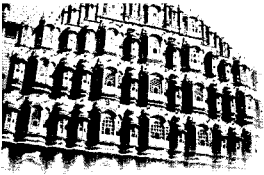
[그림 3] 일일 부분부하 분석



[그림 2] 계절별 일사에너지 분석(kcal/hr)



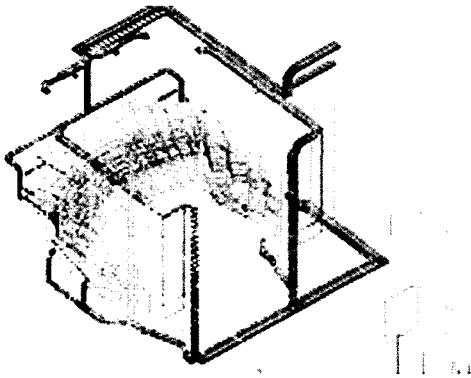
[그림 4] 유량 밸런싱 분석



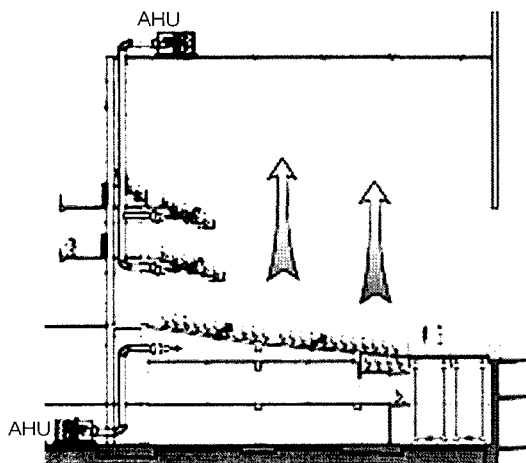
- 3D 덕트 설계로 정확한 시공 및 유지관리 용이

공조설비 계획

- 오페라 극장 · 콘서트홀 · 실험극장 : 하부급기 + 상부환기(그림 6, 7)
- 객석 계단 하부에 급기 플레넘을 형성하고 객석 하부에 설치된 디퓨저로 저속 취출 : 거주역 공조
- 최상의 음향 기준을 요하는 콘서트홀은 좌석 일체형 디퓨저 설치
- 온도 성층화를 고려하여 객석용 공조기는 상·하층으로 분리하고, 공조기 별로 최적의 취출 온도 설정



[그림 5] 풍량 밸런싱 분석



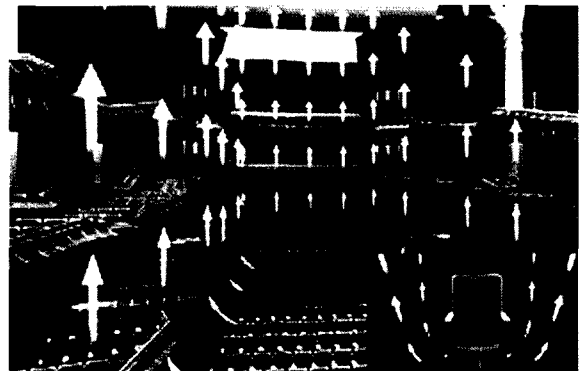
[그림 6] 오페라극장 공조 개념도

- 공연장과 무대부 공조기도 분리
- 관객 점유율에 따른 부분부하 운전개념 적용

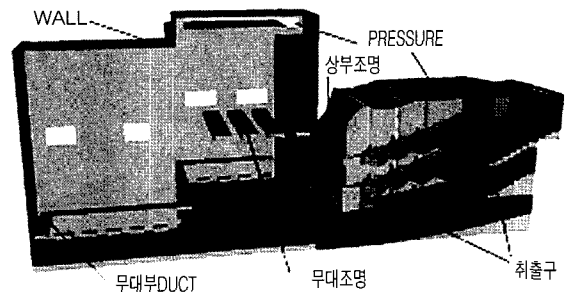
- 카페테리아 : CAV, Double roof 예열공기 이용
- 방재센터, 중앙감시반 : 지하수 이용 수냉식 PAC, 히트펌프

공조설비 분야 신기술 · 신공법

- CFD에 의한 공조방식 검토
- 오페라 극장
 - ①개요(그림 8)
 - CFD 프로그램에 의해 설계안과 대안의 온도 · 기류분포 분석
 - 객석하부의 디퓨저로 급기하고 천정면에서 환기하며, 객석 2개소당 1개의 토출구 설치
 - ②온도분포(그림 9)



[그림 7] 콘서트홀 공조 개념도

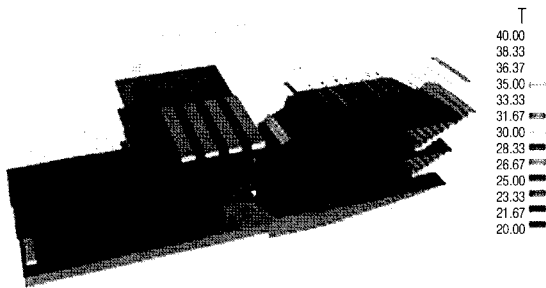


[그림 8] 시뮬레이션 모델링

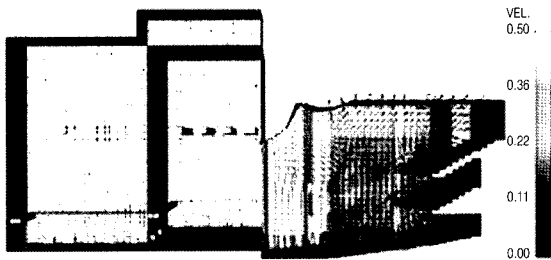


- 객석주변에서 24~26 ℃의 고른 온도분포 유지
- ③기류분포(그림 10)
 - 디퓨저의 취출속도 : 0.12~0.16m/s
 - 객석주위의 기류 속도는 저속으로 유지됨
- 콘서트홀
 - ①개요(그림 11)
 - 격자수 : 736,350개

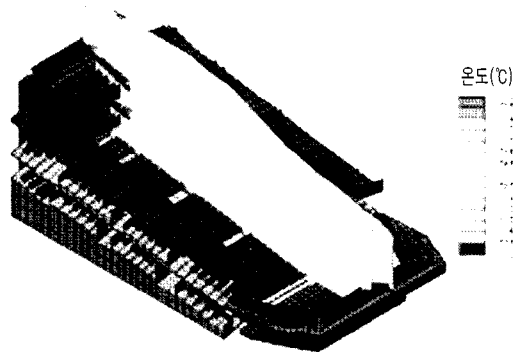
- 급기 개념 : 콘서트홀 모든 객석에 좌석일체형 디퓨저를 설치하여 급기
- ②온도분포(냉방)(그림 12)
 - 거주역 전체 공간이 약 24~25.5 ℃ 정도로 설정온도 이하로 유지
 - 각 좌석별 취출로 인해 수평적으로 균일한 온도분포 유지
- ③기류분포(냉방)(그림 13)
 - 거주역 부근의 기류속도는 약 0.15 m/s 이하로 나타남
 - 취출되는 공기는 재실구역에 고루 분포하여 충분히 혼합됨



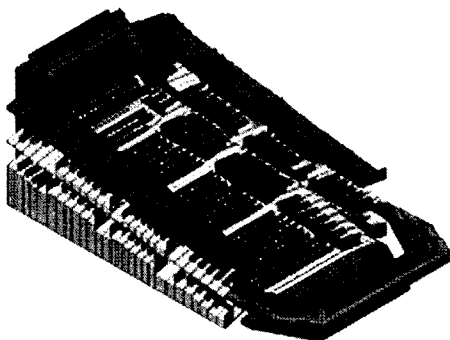
[그림 9] 온도 분포



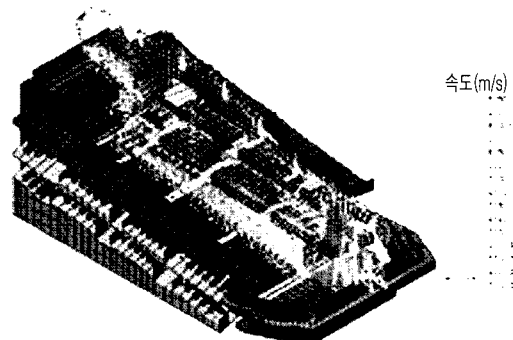
[그림 10] 기류 분포



[그림 12] 온도분포(냉방)



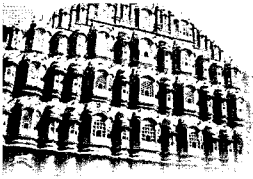
[그림 11] 시뮬레이션 모델링



[그림 13] 기류분포(냉방)

위생설비 계획

- 급수설비 : 직수 + 부스터펌프 방식, 지하수 재 활용, 청정급수 시스템



집중기획 건축환경 및 에너지 신기술 개발 동향

- 급탕설비 : 지역난방 이용 및 태양열 급탕 시스템
- 오배수 설비 : 빗물 재활용, 중수시스템

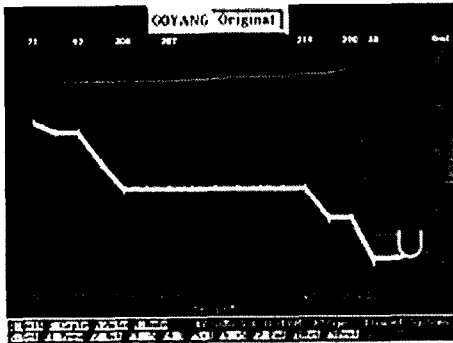
- 수충격해석 프로그램을 이용하여 급수 배관 내 펌프 트립, 밸브 개폐시 수충격 및 부압에 의한 수주분리 현상 해석(그림 15)

위생설비 분야 신기술 · 신공법

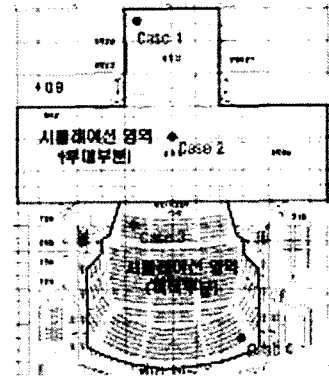
- 급수압력 시뮬레이션
- 급수압력 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 각 지점별 적정 압력유지 여부를 검토(그림 14)
- 수충격 시뮬레이션

소방설비 계획

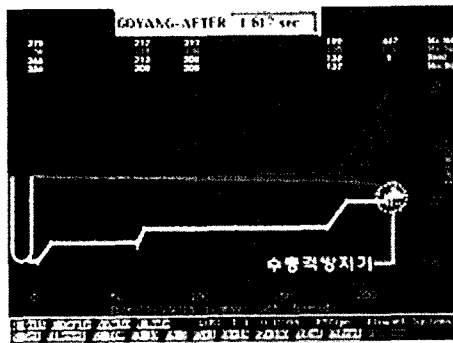
- 적용 소화설비 : 소화기구, 옥내소화전 설비, 스프링클러 설비, 물분무등 소화설비, 옥외소화전 설비, 소화용수 설비, 제연설비



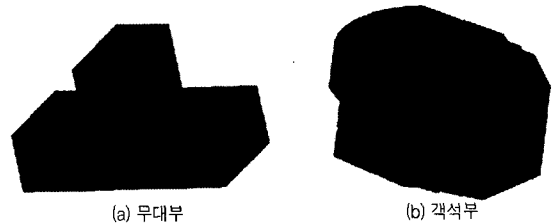
[그림 14] 급수압력 시뮬레이션



[그림 16] 화재발생 가정 지점



[그림 15] 수충격 시뮬레이션

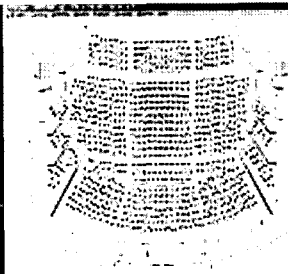


(a) 무대부 (b) 객석부
 격자수 : 10만개, 격자수 : 22만개,
 화재강도 : 3.5MW 화재강도 : 2.0MW

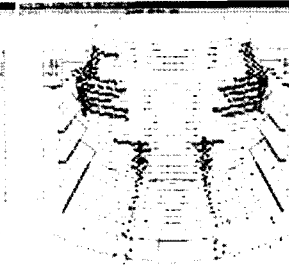
[그림 17] 격자구성



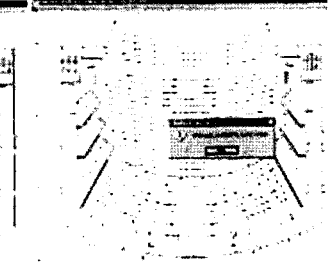
(a) 피난대피 개념도



(b) 착석시



(c) 3분 경과



(d) 종료(6분 30.5초)

[그림 18] 피난대피 시뮬레이션



소방설비 분야 신기술 · 신공법

- 1차원 화재 시뮬레이션

- 화재현상의 1차원적 해석으로 시간 경과에 따른 높이별 온도 및 연기분포 분석
- 화재 입력 강도 : 3.5 MW
- 호흡안전 임계높이 : 1.5 m로 설정
- 대상 : 오페라 극장, 콘서트홀, 실험극장 (표 4)

- 3차원 화재 시뮬레이션(그림16, 17)

- 대상 : 오페라 극장(무대부 및 객석부 각 2개소)
- 3차원 시뮬레이션으로 온도 및 연기분포 분석
- 대상 : 오페라 극장

- 피난대피 시뮬레이션(그림18, 표 5)

- 대상 : 오페라극장, 콘서트홀, 실험극장

방음 · 방진 계획

- 개요

- 콘서트홀 소음기준 강화(NC 20)
- 소음원별 적극적인 감소방안 수립
- 건물 외부(지하철, 도로) 소음 · 진동 실측
- 건물 내부 소음 · 진동 시뮬레이션

방음방진 분야 신기술 · 신공법

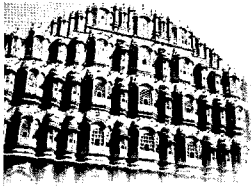
- 건물 외부 소음 · 진동원 분석

<표 4> 결과 분석

대 상	오페라 극장	콘서트홀	실험극장
연기 도달 시간			
결 과	· 호흡선(1.5m)에 연기가 도달하는 시간 오페라 극장 : 526초, 콘서트홀 : 685초, 실험극장 : 334초		

<표 5> 시뮬레이션 결과

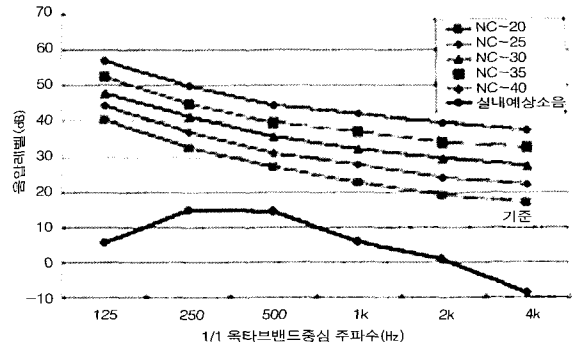
위치	객 석 부			
	300초 경과	200초 경과	300초 경과	500초 경과
온도 분포				
연기분포				
분석	· 무대부는 화재발생후 300초 이후부터 대부분의 공간에 화재열 확산(300초 이내에 피난완료 하여야 함) · 객석부는 화재발생후 200초 후에 3층 객석에 연기확산이 시작되어, 500초 경과후 1층에도 넓게 퍼짐(2, 3층은 300초 이내, 1층은 500초 이내에 피난완료 하여야 함)			



집중기획 건축환경 및 에너지 신기술 개발 동향

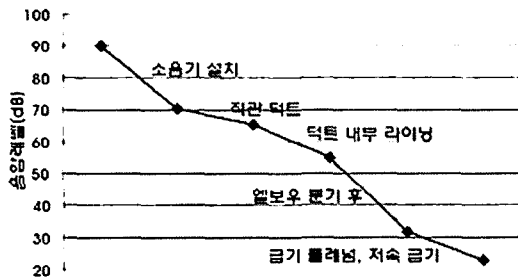
<표 6> 소음·진동원 분석 및 감소 방안

소음·진동원	감소 방안	분석 내용	
건물 외부	지하철	공연장의 2중 벽체 구성	현장실측후 건물의 피(외벽, 창호, 지붕)에 의한 차음성능 분석
	도로	외기도입용 pit내 차음벽 설치	
	냉각탑	저소음형 냉각탑, 공연장동과 이격, 방음벽 설치	
건물 내부	기계실	공연장동과 이격하여 배치, 모든 회전기의 방진	각 소음 진동원별 시뮬레이션 및 감소방안 적용시 공연장내의 소음기준 만족여부 분석
	공조실	이중벽체·슬래브(콘서트홀, 인접공조실), 차음문, 작업방진, 송풍기 회전수제어에 의한 운전소음 억제	
	덕트, 배관, OA 피트, 플레넘 등	공연장내부 관통방지, 저속덕트(5m/s), 덕트내부 라이닝, 덕트·배관의 이중행거, 공연장하부 플레넘에 의한 급기, 바닥 급기구의 풍속은 0.12~0.16m/s 이하 유지	

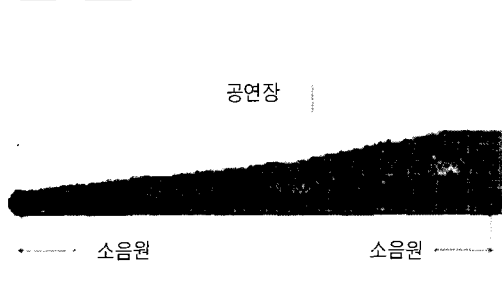


[그림 19] 지하철 소음 영향분석

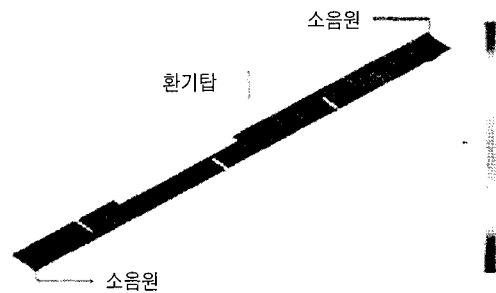
소음·진동 전달경로	소음 저감 대책	적용전 (dB)	감소치 (dB)	적용후 (dB)
공조기 ▶ 덕트 ▶ 급기플레넘 ▶ 공연장	소음기 설치	90.2	20.0	70.2
	직관 덕트	70.2	4.8	65.4
	덕트 내부 라이닝	65.4	10.5	54.9
	엘보우 분기후	54.9	23.1	31.8
	급기 플레넘, 저속급기	31.8	9.0	22.8
공연장상부 공조실 ▶ 공연장	작업방진, 차음문	75.4	61.5	13.9
OA 피트 ▶ 공연장 외부	차음벽	77.5	25.0	52.5
기계실 ▶ 공연장동	공연장동과 이격(관리동에 설치)	84.0	69.0	15.0
냉각탑 ▶ 공연장동	공연장동과 이격, 방음벽 설치	82.4	48.7	33.7



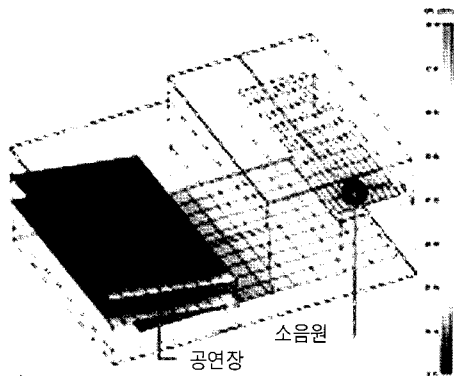
- 소음저감대책에 의한 공연장으로의 소음감소치 분석 결과 공연장 내는 기준치 이하로 나타남
- 기계실, 냉각탑은 공연장동과 이격배치함으로써 공연장으로의 소음·진동 영향 거의 없음
- 공연장과 인접한 콘서트홀 공조실은 이중벽체, 이중슬래브, 작업방진, 차음문을 설치하여 NC 20 이하로 유지



· 급기 플레넘 통과후 9.0dB 저감 가능
[그림 19] 공연장 플레넘 급기소음 분석



· 피트내 차음벽 통과 후 25.0dB 저감 가능
[그림 20] 공연장 플레넘 급기소음 분석



책업방진, 차음문 등 적용시 객석부에서 13.9dB이내의 분포를 보임

[그림 21] 공연장 플래넵 급기소음 분석

· 지하철 소음 영향분석(그림 19)

- 대지 주변의 교통 소음과 지하철 진동 등의 외부 소음·진동원에 대한 현장측정 실시
- 지하철 운행시(사업부지와 100 m 이격) 진동이 지하층 및 지상층으로 전달되어 실내로

방사되는 2차음(고체전달음) 검토

- 현장 측정치 : 도로 교통소음레벨 52 dB, 청감 보정시 45 dB(A). 지하철 운행시의 진동 가속도 레벨 : 최고 40 dB, 평균 35 dB
- 24 mm 복층유리를 사용한 공연장 로비 등에서 실내 예상 소음은 NC 20 이하로 실내소음 만족함

- 건물 내부 소음·진동원 분석

- 음향해석 프로그램을 이용하여 해석
 - 각 감소방안별 시뮬레이션 결과를 분석하여 공연장내의 설계기준치 만족 여부 검토
 - 옥타브 밴드별로 분석(63 ~ 8000 Hz 중 8개 주파수) 후 대표적으로 500 Hz 상태의 소음치 제시