

공기조화 계획 및 설계

Air-conditioning system planning and design

김 문 정
M. J. Kim
(주)한일 엠이씨



- 1948년생
- 건축디자인과 조화되어 친환경적이며 에너지 절약적인 기계설비 설계에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

현대건축에서의 건축물은 외부환경으로부터의 보호(shelter)라는 기능뿐만 아니라 인공적으로 실내환경을 조절하는 기능을 담고 있다. 기술의 발달, 사회적 요구사항의 변화 등에 의해 인간의 활동범위는 인공적인 실내환경에서 보다 많은 시간을 보내게 되었고, 이로 인하여 실내환경을 쾌적하게 유지하기 위한 공조설비의 역할은 매우 중요하게 되었다. 따라서 건축계획 초기단계에서부터 공조설비의 등급(grade) 및 경제성 등을 고려하여, 건물의 기능에 부합될 수 있도록 세심한 고려가 요구되고 있으므로, 본 고에서는 공기조화의 기본개요와 새로운 공기조화 계획 및 설계의 필요성을 살펴보고, 공기조화의 목적을 구현하기 위한 최근 국내의 공기조화 계획과 설계의 진행과정을 고찰함으로써, 향후 미래지향적인 공기조화 계획과 설계과정을 제시하기 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 공기조화 계획 및 설계 개요

2.1 공기조화의 개요

과거의 공기조화(air-conditioning)란 냉방만을 의미하였으나, 현재는 난방(heating), 환기

(ventilating) 그리고 냉방(cooling) 등을 모두 포함하여 일반적으로 HVAC라고 말한다. 또한 공기조화의 기본 목적은 재실자에게 쾌적한 환경을 제공하며, 공조 공간에서 재실자의 생산활동에 적합하고 쾌적한 작업환경을 제공하는 것이라고 할 수 있다. 이와같이 쾌적한 작업환경을 제공하기 위해서 열원, 공기조화, 환기 및 배기설비와 같은 설비시스템을 통해 실내의 온도, 습도, 기류 및 공기청정도 등을 조절한다. 따라서, 각각의 설비시스템들은 건축계획에 적합하도록 경제성과 안정성 및 내구성 등을 고려하여 계획, 설계되어야 하며, 설계자는 주어진 공간의 용도에 따른 요구조건과 건축주의 경제적 여건 등의 제반조건을 파악한 후 설계에 임해야 한다.

2.2 새로운 공기조화 계획 및 설계의 필요성

공조설비는 사회의 관습, 행위, 환경, 경제 등과 같은 요인에 따라 달리 적용된다. 즉 최근의 산업구조가 매우 다양화되고 사무실에서의 업무형태는 지식기반의 업무가 중심이 되고 있으므로, 재실자의 생산성을 높일 수 있는 쾌적한 업무환경에 대한 요구가 증대되고 있다. 재실자에게 쾌적한 환경을 제공하기 위해서는 공조시스템에 에너지를 투입해야 하는데, 투입되는 에너지의 대부분은 화석연료

를 기반으로 하고 있기 때문에, 오존층의 파괴에 따른 지구환경의 문제는 과거에 비해 매우 심각한 문제로 대두되고 있다. 따라서 공조설비에 투입되는 에너지를 절약하면서 쾌적한 실내환경을 만드는 것이 필요하며, 실내환경의 질적수준에 대한 재실자의 요구조건은 계속적으로 증가하는 추세이기 때문에, 체계적이고 논리적인 공기조화 계획 및 설계가 절실히 요구되고 있다. 이와같이 새로이 변화된 환경요인 및 요구사항은 표 1과 같이 요약될 수 있다.

또한, 1992년 6월 브라질의 리우데자네이루에서

개최된 환경정상회의에서는 2000년까지 탄산가스의 방출량을 1990년 수준으로 억제하는 것을 목표로 하였고, 이와같은 지구환경문제를 해결하고, 환경친화적인 생활을 위한 방안으로 건축분야에서는 생태건축(독일), 공생건축(일본), 그린빌딩(미국) 등과 같은 새로운 개념의 접근방법이 제시되어 구현되고 있으며, 이와같은 개념의 접근방법이 향후 계속될 전망이다. 최근 생태건축의 개념을 바탕으로 건축되어 98년 영국 왕립 건축가 협회(RIBA)에서 상을 수여 받은 건물 중에서 영국의 건축가 노먼 포스터가 설계한 독일 상업은행 본점 그림 1

표 1 새로운 환경변화 및 요구사항

환경 변화의 내용	요 구 사 항
실내환경의 고급화 추구	연간공조, 체감온도의 연중균일화 및 자연환경에 대한 요구
에너지 절약기술 필요성	에너지 효율적이며 쾌적성을 보장할 수 있는 시스템에 대한 요구
인텔리전트빌딩 시스템	정보, 통신, 사무 자동화 및 빌딩 자동화 등에 대한 요구
컴퓨터를 이용한 설계기술	도면의 상세화, 표준화, 신속한 작업 및 각종 시뮬레이션 기술
설비 시스템의 유지관리	사후관리, 개보수 및 시스템의 내구성 요구

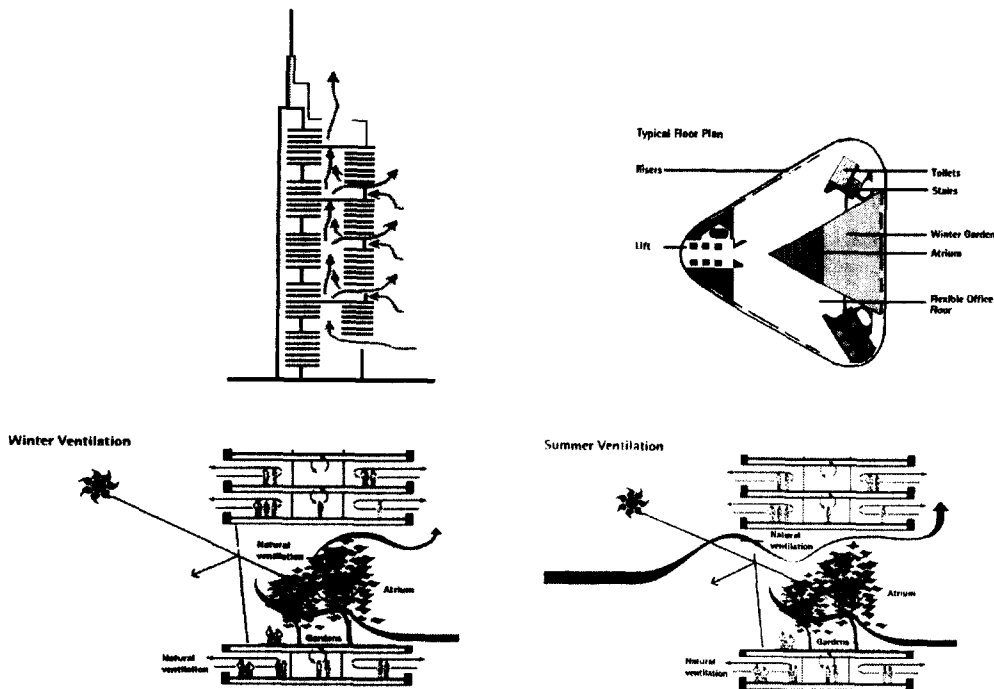


그림 1 독일 상업은행 본점의 자연환기 및 통풍 계획

은 각계의 주목을 받기에 충분했다.

특히, 대지의 여건을 충분히 고려하여 4개층마다 3층 규모로 설치된 총 9개의 온실정원은 자연 통풍 및 환기계획을 통해 겨울철 보조적인 난방설비시스템으로서의 역할을 수행하며, 적극적으로 자연채광을 유입하고, 실내/외에 설치된 각종 센서를 통해 효과적인 차양조절을 하여 인공조명에 의한 전기에너지 사용량을 획기적으로 줄임으로써 상업은행 본점에서 소비되는 에너지는 비슷한 규모의 다른 건물에 비해 매우 적게 사용되고 있는 것이 확인되었다.

난방부하를 줄이기 위해서 단열유리(U=1.4~1.6W/m²)를 사용하여 건물외피인 유리의 높은 열관류율을 보강하였고, 주간동안에는 온실정원을 통한 자연대류를 이용하여 자연환기 및 통풍을 유도하고, 야간에는 덤퍼를 조절하여 공기의 흐름을 차단함으로써, 외부환경에 대한 완충공간으로서의 역할을 하는 이중외피로 계획하였다. 또한 냉방기 동안의 일사 및 자연대류에 의한 냉방부하를 줄이기 위해서 외부차양과 창 사이에 블라인드를 설치하고, 천장에 축열량이 큰 재료를 이용하여 주간동안 흡수한 열을 야간에 방출하고, 야간에 외기냉방(3~4회/h)을 실시함으로써 자연환기 및 통풍에 의한 냉방효과는 전체 냉방의 약 73%정도를 차지하게 되었다. 이와같이 건물의 계획단계에서 냉/난방부하를 줄이고, 최종적으로 건물에서 소비되는 에너지와 배출되는 CO₂배출량을 줄이기 위해서는 계획단계에서부터 완성되기까지 건축가, 건축주 그리고 각 분야 전문가들의 협의과정을 통해 얻은 결과를 충분히 반영함으로써 이루어질 수 있다. 따라서 건축의 변화에 대응하기 위해서는 공조설비의 계획 및 설계에 있어서도 새로운 접근방법이 요구되고 있다.

3. 공기조화 계획 및 설계의 최근경향

3.1 ASHRAE(American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers) Handbook

(1) 공조설비의 선정시 고려사항

ASHRAE Handbook에서는 공기조화의 기본목표를 “주어진 실에서 요구되는 환경조건을 제공하는 것”으로 설정하고, 이와같은 기본목표를 달성하기 위해서 공기조화 설계자는 요구되는 환경조건에 영향을 주는 요인들을 이해해야만 한다. 먼저 공조설비 선정시 공조설계자는 건축주와 상호 협의하여 설계목표를 설정해야 하고, 이때 고려해야 할 사항들은 다음과 같다.

- 성능 조건(performance requirements)
- 용량 조건(capacity requirements)
- 공간적 조건(spatial requirements)
- 초기 투자비(first cost)
- 운전비(operating cost)
- 신뢰성(reliability)
- 유연성(flexibility)
- 유지 관리성(maintainability)

이와같은 사항들은 상호독립적인 관계가 아니라 상호연관성을 갖고 있기 때문에 건축주와 공조설계자는 각 사항들의 우선 순위를 결정하고, 이에 따른 설계목표를 설정해야 한다. 일반적으로 건축주의 목표에는 다음과 같은 사항들이 있으며, 설계자는 건축주가 원하는 기본목표를 정확히 이해해야 할 것이다.

- 컴퓨터 장비들에 대한 지원여부
- 공기 청정도가 높은 환경
- 상품 판매를 높일 수 있는 환경
- 건물 임대료를 높일 수 있는 환경
- 건물의 상품성을 높일 수 있을 것

대부분의 건축주는 시스템의 운전 및 유지관리에 비해 초기투자비에 대한 관심이 많으며, 건축주는 설계자가 제공하는 공조설비에 따른 이익과 불이익에 대한 자료를 토대로 적절한 판단을 해야 한다. 그러나 건축주가 공조설비에 대한 장/단점을 모르는 것과 마찬가지로 설계자 또한 건축주의 재정 및 건물의 기능에 대한 기대치에 대해 정확하게 모르는 경우가 있다. 따라서 공조설비의 선정시 건축주의 의견을 바탕으로 해당건물의 여건에 가장 적합한 공조시스템을 선정하는 것이 바람직하다.

3.2 일본 공기조화 위생공학편람

일본의 공기조화·위생공학회에서 발간한 공기

조화·위생공학편람에 따르면 건축물의 기본계획에서 실시설계가 완성될 때까지 건축물의 기능 및 요구와 공조설비가 조합되어야 하며, 이에 대한 관점은 크게 피드백형, 건축 인티그레이션형(integration), 환경제안형으로 구분하고 있다.

(1) 피드백형 기술

건축물의 기능 및 요구조건에 부합되도록 공조설비를 계획하고 설계하며, 시공 후 운전 및 관리를 통해 계획단계에서 설정한 목표를 구현했는지 여부를 검증할 수 있다.

따라서, 기본설계부터 시공 후 운전 및 관리에 있어서의 장/단점 등이 다음 설계에 반영될 수 있다는 것을 의미한다. 일반적으로 공조설비에 대한 평가는 과거의 경험을 기초로 한 통계적 방법(개략적인 수치계획)을 통해 이루어지고 있으며, 새로운 기술이나 평가하기 어려운 부분에 대해서는 실험이나 컴퓨터 시뮬레이션과 같은 해석적 방법을 통해 평가한다. 그림 2는 공조설비의 계획부터 시공 후 유지관리까지의 단계에서 통계적 방법과 해석적 방법이 적용된 피드백형 기술의 개념을 나타

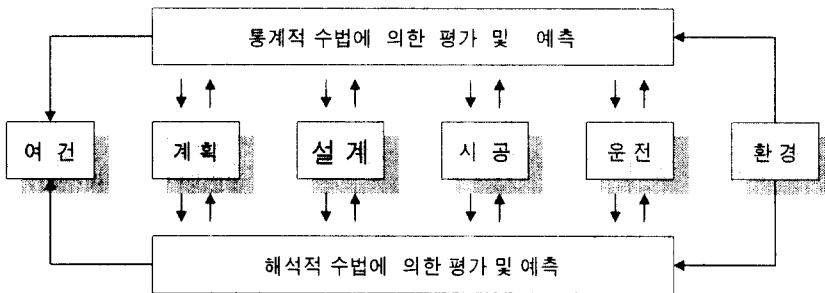


그림 2 피드백형 기술의 개념

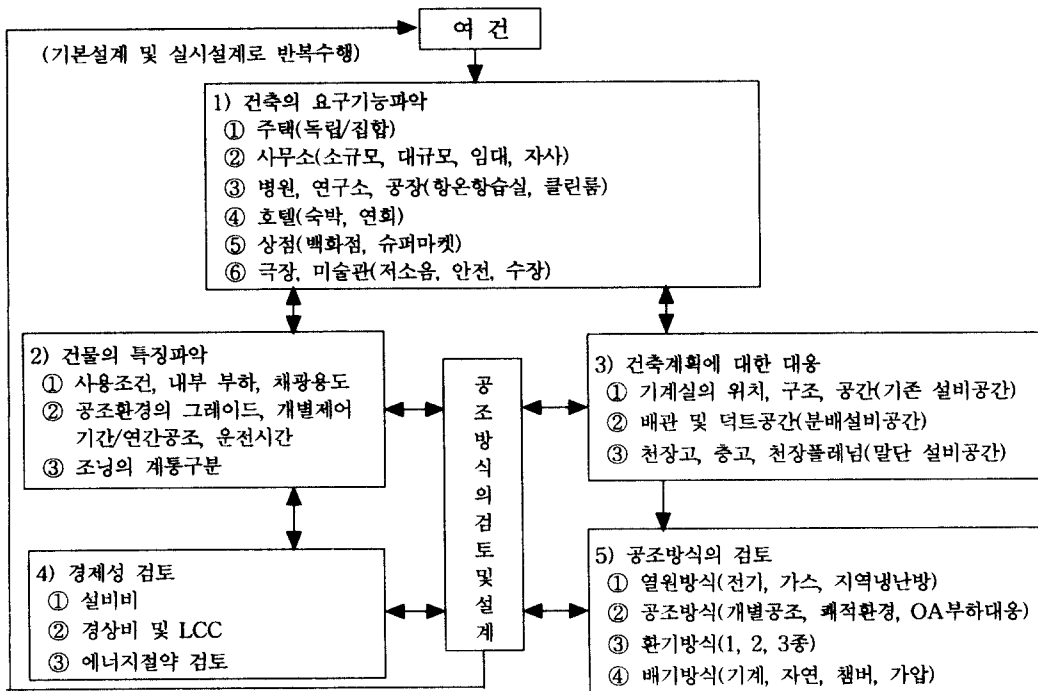


그림 3 건축의 조합(integration)형 기술의 개념

내고 있다.

(2) 건축 인티그레이션(integration)형 기술

건축물에 부합되는 최적의 공조설비를 적용해야 한다는 것을 바탕으로, 건축공간과 공조설비가 적합하게 통합되는 것을 공조설비의 목표로 한다. 즉, 새로운 변화 속에서 건축물의 용도에 따른 요구사항을 이해하고, 건축물의 특징을 공조환경의 등급이나 조닝과 같은 공조설비의 특징으로 재해석하고, 기계실, 덕트 및 배관 등에 소요되는 공간을 설계함으로써, 최종적으로 건축물에 가장 적합한 공조설비를 제공한다는 것을 의미한다. 이와같은 건축 인티그레이션형 기술의 개념은 그림 3과 같다.

(3) 환경제안형 기술

공조설비의 설계는 열원, 공기조화, 환기, 배연 등과 같은 설비의 공사비를 건적하고 시공하기 위한 설계도와 시방서를 작성하는 과정이라고 할 수 있으며, 실내환경의 조건을 재실자나 기기 및 장치의 작동에 적합한 최적의 환경을 제공하기 위해서 열환경, 공기청정도, 소음 등과 같은 환경요인을 고려해야 한다.

또한 이와같은 환경요인을 조절하기 위해서 공조설비는 전기나 가스 등의 에너지를 소비하게 되므로 에너지 절약적이고 경제성을 고려한 공조설비가 요구되고 있다. 이와같은 관점에서 볼 때, 환경제안형 기술은 공조설비의 계획 및 설계에 따른

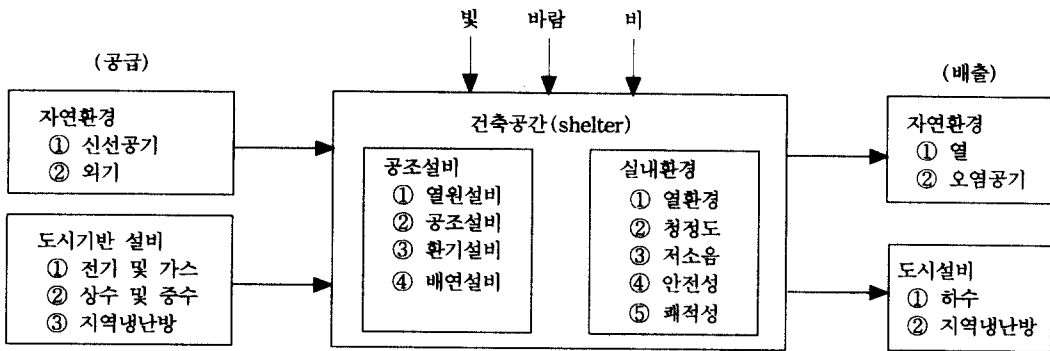


그림 4 환경제안형 기술의 개념

표 2 구상 및 기본계획단계의 주요업무내용 및 결과물

단계	업무내용 및 고려사항		결과물 및 비고	
구상	<ul style="list-style-type: none"> 공기조화의 필요성 공조/열원방식계획 장래계획 	설계접근방법 : 과거설계의 모방, 경험을 토대로 한 창조적인 설계, 목표달성을 위한 창의적인 사고, 분석, 종합화	건축주 요구사항 건축주와의 협의 여건의 정리	
기본계획	건축주 요구 파악		기본설계서 계획도 (건축의 배치도, 평면도, 단면도를 바탕으로 기기배치도, 계통도 작성) 개략 공사비계산서	
	환경조건	외부조건		건물용도, 구조, 실 요구조건, 장래계획 검토 대지위치, 입지환경, 상/하수, 가스 등 공급상황 검토 외기온, 습도, 풍향, 풍속, 일조조건 검토
		실내조건		구조체의 위치 및 열관류율, 실의 용도, 실내공기 청정도, 공기온도, 습도 요구사항, 재실자 및 조명사용, 최소 외기도입량 검토
	유사건물 자료검토	공조방식, 열원방식 사양 및 건설비, 공조설비비, 운전경상비		
	에너지원의 공급	전기, 가스, 석유 등 에너지원 공급경로, 태양에너지 이용가능검토		
관련법규	소방, 건축, 환경보전, 에너지이용 합리화법 등			

실내환경, 자연환경, 도시환경에 대해 최적의 대안을 제시하는 것으로 그 개념은 그림 4와 같다.

(4) 구상 및 계획단계의 업무내용 및 결과물

공조설비의 설계시 공조에 필요한 공간, 공사비, 경상비 및 에너지 소비량 등은 건축의 기본설계에서부터 가장 경제적이고 합리적인 방향으로 상호 협의, 보완하여 분석되어야함은 주지의 사실이다. 그러므로 건물의 향, 용도, 위치, 예산 등을 근거로 합리적이고 창의적인 개념에서 기본적인 업무접근이 이루어져야 한다. 표 2는 구상 및 기본계획단계에서의 주요업무내용과 결과물을 나타내고 있다.

(5) 기본설계단계의 업무내용 및 결과물

일반적으로 건축주의 공조에 대한 지식은 매우 희박하고, 건축주가 요구하는 공조의 등급 및 사용할 수 있는 예산규모 등의 여건 때문에 확실적인 공조방식을 적용하는 것은 거의 불가능하다.

따라서, 제반여건을 설계자의 경험 및 유사치의 적절히 조정 및 취합하여 기본설계에 임해야한다. 일반적인 기본설계의 주요업무내용, 고려사항 및

결과물은 표 3과 같다.

(6) 실시설계단계의 업무내용 및 결과물

실시설계 단계에서는 기본계획단계에서 확인한 건축주의 요구사항을 재확인하고 현장조사를 통해 각 설비별 적용가능성을 결정하고, 공사비를 재검토한다. 그리고 수집된 정보들을 비교검토 및 종합한후 공기조화 설계, 장비부하 및 특수설비 등을 결정하여 기기 사양서를 작성하고, 배치도, 설비별 계통도, 흐름도, 평면도, 단면도, 각종 상세도 등을 작성한다.

3.3 AIA 설계 매뉴얼

(1) 계획설계단계의 업무내용 및 결과물

계획설계단계의 주요 업무내용으로는 건축주의 요구사항을 확인하고, 에너지 절약을 고려한 장비 선택 및 각종 설비들의 소요면적을 산정하고, 관련 법규를 검토하여 설계방침을 세우는 것을 주요 업무로 하고 있다. 그 결과물로는 표 5와 같이 규모 검토서, 사업성 검토서, 설계 공정표, 건축주의 요

표 3 기본설계단계의 주요업무내용 및 결과물 (일본 공기조화 위생공학 편람)

단계	업무내용 및 고려사항		결과물 및 비교
기본설계	정보수집	설계팀 구성, 건축주 요구조건 검토 현지조사, 관련법규 검토, 설계공정 작성, 관공서와 협의	기본 설계 설명서 공사비 계산서 공사기본 사양서 각종 기술자료 기술 검토서
	조건설정	계약조건 및 문제점 정리, 건축주 요구조건 확정 설계방침 설정, 요구설비, 기기위치 및 배치 검토.	
	비교검토	공조방식의 검토, 에너지절약 가능성 검토 사용기기 및 재료 검토, 공사비, 유지관리 문제점 검토	
	총 합	공조 및 환기설비계획 결정, 특수설비계획 결정, 공사비 배분 결정	

표 4 실시설계단계의 주요업무내용 및 결과물 (일본 공기조화 위생공학 편람)

단계	업무내용 및 고려사항		결과물 및 비교
실시설계	정보수집	건축주 요구사항 확인, 현지조사, 관련법규협의, 설계공정 재조정 등	배치도 설비별 계통/흐름도 설비별 평면/단면도 부분 상세도 공사비 예산서 공사 시방서 각종 계산서 방재 계획서
	조건설정	설비별 요구사항, 설비별 적용가능성, 공사비 중간검토, 기본설계 방향모색	
	비교검토	공조방식 결정, 환기방식 결정, 제어방식 개념결정, 특수설비방식 검토 공사비 재검토, 시공사양검토, 유지관리상 문제점 검토, 관련법규 적용	
	총 합	공기조화 설계 (부하계산, 터미널 유닛 선정, 풍량산출), 장비부하 및 사양 결정, 공조 및 환기설비 설계, 특수설비 설계, 기기 사양서 작성	

표 5 계획설계단계의 주요업무내용 및 결과물 (AIA 설계 매뉴얼)

단계	업무내용 및 고려사항		결과물 및 비교
계획 설계	에너지원 에너지절약 냉난방, 환기 경제성 검토	에너지절약을 고려하여 냉/난방, 환기, 공기조화, 배관, 소방 등 소요면적 산정 에너지절약가능성검토, 건축주의 요구사항확인, 법규검토 설계방침, 비용산정 및 경제성검토, 개략부하 산정, 개략용량 및 장비선정, 안전기준검토, 유사건물 비교분석	규모/사업성 검토서 설계공정표 건축주의 요구사항 계획서

표 6 기본설계단계의 주요업무내용 및 결과물 (AIA 설계 매뉴얼)

단계	업무내용 및 고려사항		결과물 및 비교
기본 설계	계획설계를 발전	개략적인 장비 크기 및 용량, 개략장비 배치도, 장비소요면적, 소요공간, 공간내의 노출정도, 에너지 절약방법 등을 검토 계획설계단계의 계획서와 계통도를 참고하여 시방서, 부하계산서, 장비선 정서, 장비배치도 등을 작성	시방서, 각종계산서 장비배치도 설비별 평면도 각종 도서 등

표 7 실시설계단계에서의 주요업무내용 및 결과물 (AIA 설계 매뉴얼)

단계	업무내용 및 고려사항		결과물 및 비교
실시 설계	각종 계산서 및 도면작성	도서로는 시방서, 물량산출표, 부하 및 장비용량 계산서, 설계설명서를 작성하고, 공사비 계산서는 계약에 의해 작 성한다. * AIA에서는 승인된 기본설계도서를 기반으로 기계설비 공사 요구사항을 상세하게 표시한 최종 기계설비계산 서, 도면, 시방서를 작성한다.	시방서, 공사비계산서, 물량산출표 부하/장비용량 계산서, 설계설명서 도면목록표, 범례, 장비기초도 기계/공조실 단면상세도 저수조/고가수조 상세도 각종 장비 상세도, 자동제어 도면 소음 및 방진기 일람표

구사항 계획서 등이 있다.

(2) 기본설계단계의 업무내용 및 결과물

계획설계단계의 기계설비계획서와 계통도를 참
고하여 시방서, 공사비 계산서, 설계설명서, 부하계
산서, 장비선정서, 소방시설 계획서, 도면 시방서,
도면목록표 및 범례, 소방설비도, 장비일람표, 장비
배치도, 열원흐름도, 각 설비별 평면도, 옥외 위
생·가스배관 평면도, 저수조 및 고가수조 배치도,
각층 환기평면도, 기계실 및 공조실 평면도 등을
작성하는 단계로서, 기본설계단계에서의 주요업무
내용과 고려사항, 그리고 결과물은 표 6과 같다.

(3) 실시설계단계의 업무내용 및 결과물

실시설계에서는 기본설계단계에서 검토된 검토
된 내용을 결정하고 승인하는 단계이며, 실시설계

단계에서의 변경은 불가피하지만 설계팀에 의하여
수정되고 건축주 승인을 받은 기본설계도서는 실
시설계를 준비하는 기반이 된다. 또한, 실시설계단
계에서 작성해야 하는 도서로는 시방서, 물량산출
표, 부하 및 장비용량 계산서, 설계설명서 등이 있
으며, 공사비 계산서는 계약에 의해 작성하며, 도
면으로는 도면목록표, 범례, 장비기초도를 작성하
고, 상세도로는 기계실 및 공조실 단면상세도, 저
수조 및 고가수조 상세도, 샤프트, 피트, 덕트 및
배관상세도, 연도상세도, 각종 장비상세도와 소음
및 방진기 일람표와 자동제어도면 등을 작성하며,
주요업무내용 및 결과물은 표 7과 같다.

4. 맺음말

지금까지 최근 사회적 요구에 따른 건축에서의 새로운 방향과 국내외의 공기조화 계획 및 설계단계별 주요업무내용과 결과물을 살펴보았다. 건축에서의 새로운 경향은 환경친화적이며 에너지를 적게 소비하면서 재실자에게 쾌적한 환경을 제공하기 위한 노력을 하고 있다. 또한 최근 국내외 공조계획 및 설계단계를 고찰한 결과, 기본설계이후의 과정은 결과물에 있어서 약간의 차이가 있지만, 주요업무내용에 있어서는 큰 차이가 없었다. 그러나 공조설비의 계획단계에서의 접근방법은 과거의 방법과 다소 차이가 있으며, 이러한 특징은 공조기술의 향상 및 사회적 요구조건의 변화에 따른 결과라고 할 수 있다. 이와같이 최근 국내외의 공기조화 계획 및 설계단계를 비교 정리함으로써 향후 국내여건에 적합한 에너지 절약과 쾌적성 등을 고려하여 건축계획과 조화를 이룰 수 있는 새로운 공기조화 계획 및 설계과정의 수립이 가능할 것이다.

참 고 문 헌

1. 공기조화냉동공학회, 1991, 공기조화 냉동위생 공학편람 제2권, 제3편.
2. 공기조화냉동공학회, 1997. 8, 공기조화 냉동 공학, Vol. 26.
3. ASHRAE, 1996, Fundamentals of HVAC Systems.
4. ASHRAE, 1996, Systems and Equipment Handbook.
5. Klaus Daniels, 1997, The Technology of Ecological Building.
6. 대한주택공사, 1996, 환경친화형 주거단지 모델개발에 관한 연구.
7. 대한건축사협회, 1998, 건축설계 MANUAL.
8. 일본 공기조화·위생공학회, 1995, 공기조화 위생공학편람, 제12판.