

건물공조 시스템의 유지관리시 효과적인 에너지의 사용

Practice of Energy Saving during Maintenance of Air-Conditioning System in an Office Building

여 선 이*
Seon E Yeo

1. 머리 말

일반적으로 건축설비의 1 주기는 기획→설계→설치→운전·점검(유지관리)의 과정을 거쳐 최종적으로 폐기처리되어 끝나게 된다. 이 과정에서 건축설비는 설치공사가 완료된 후 유지관리단계에서 다량의 에너지를 필요로 하게 된다. 그래서 이 에너지원의 효과적인 사용에 의해 모든 설비기능이 기획 및 설계단계에서 의도한 대로 충분한 기능을 발휘하고 있는지에 대하여 한국종합무역센터를 중심으로 설계시 특별히 고려되었던 몇 가지 사항에 대하여 기술하고자 한다. 한국종합무역센터에서의 설비설계의

기본방침은

첫째 정보화시대에 대응한 기능성을 추구한다.

둘째 주위환경에 적합함과 동시에 최신기술을 도입하여 쾌적한 사무공간을 창조한다.

셋째 철저한 에너지절감 및 경비절감을 행하여 건물의 라이프사이클코스트를 최소로 하는 경제적인 설비시스템으로 한다.

이들을 각각의 건물에 대한 목표입과 동시에 복합화된 건물군에 대한 목표이기도 하였다. 특히 설비시스템의 안정화를 위하여 대규모의 복합건축물에 있어서 단일에너지원에 의

존하여 계획할시 만일 그 에너지의 공급이 중단되었을 경우는 그 영향이 대단히 크게 되므로 본 계획에 있어서는 전기 도시가스 및 유류등 3종류이상의 에너지를 사용하게 하여 에너지공급의 안정화를 기하도록 하였다. 또 각 건물에 대한 에너지공급시스템은 사무동및 전시동등 여러가지 용도의 건물이 집합하여 있는 이점을 최대한 활용하는 설비시스템이 되도록 하였다.

2. 설비설계의 세부사항

2.1 거주환경에 대한 검토

쾌적한 거주환경을 유지하기 위하여는 주변 환경과의 적합을 제일 먼저 고려하여야 할 것이다. 기본적으로 최적의 평면형태나 외벽으로서의 성능 확보, 적절한 건물의 방위나 자연 채광 통풍의 방법을 제안하도록 하였다. 이러한 건축계획에 의한 패시브시스템과 최신의 설비기술에 의한 액티브시스템의 결합에 의하여 쾌적한 거주환경을 유지할 수 있도록 하였다. 이것은 최소의 에너지로서 최고의 환경을 확보하는 것을 의미한다. 즉 건축은 건설되는 장소의 환경조건과의 조화를 이루므로써 쾌적한 생활환경을 창조하는 것이 가능하다. 이를 위해서는 우선 외부의 기상조건을 상세히 분

*정회원, 한국종합전시장 기술부

석하여 건축 그 자체가 그 대지의 기상조건에 적합하도록 건물의 방위 배치 외벽의 구조등에 대한 검토를 하여 그 환경에 적합하여 낭비가 없는 설비계획이 이루어 지도록 하였다.

2.1.1 건물의 배치와 방위

서울시의 태양위치를 분석하면 사계절을 통하여 남북면 채광이 비교적 안정적일 뿐만 아니라 일사량의 조절도 비교적 용이하다는 것을 알 수 있다.

이로부터 초고층빌딩인 사무동은 동서를 벽면으로 하여 남북으로 개구부를 두는 것이 이상적이므로 이 원칙에 따라 배치되도록 하였다.

2.1.2 쾌적방정식에 근거한 공조제어방식 채택

종래의 공조제어방식은 실내의 온도 및 습도에 근거한 제어방식이 대부분이었지만 인간의 쾌적성을 표현하는 지표로서는 이 두가지 만으로는 불충분하기 때문에 여기에 복사열과 기류의 지표를 추가하도록 하였다.

특히 복사열이 쾌적성에 미치는 영향은 크며 한국고래의 온도에 의한 난방방식은 이 복사열을 유효적절하게 이용한 우수한 공조방식이라 할 수 있다.

온도 습도 복사열 및 기류를 조합하여 쾌적성을 평가하는 최신의 이론인 쾌적방정식과 여기에 근거한 피엠비(P. M. V.)라고 하는 지

표가 발표되어 있으므로 본 계획에 있어서는 이 피엠비(P. M. V.)를 실내환경의 지표로서 이용하여 쾌적하고 에너지 저소비형의 사무공간을 창조하는 것을 목표로 그림 1에 보이는 바와같이 냉방부하가 30 kcal/m²h 전후가 되도록 하였다.

2.2 향후 호환성과 오피스 오토메이션에 따른 설비대책

향후의 오피스 건축은 오피스 건축이 갖는 일반적인 기능외에 고도정보화사회로의 대응과 오피스 오토메이션이 필요 불가결한 것이다. 이 고도정보화사회가 갖는 기능으로서 통신 위성 디지털교환기 및 광섬유케이블을 사용한 랜(LAN)등에 의한 데이터통신망의 기능과 이것을 사용한 컴퓨터네트워크 서비스 디지털 화상서비스 및 텔레비존전화서비스등의 수많은 기능을 생각할 수 있다.

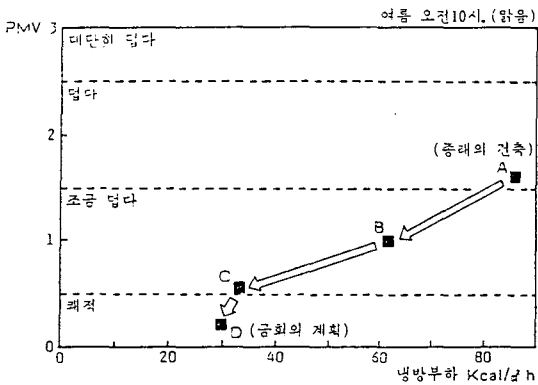
오피스 오토메이션은 현실적으로 사용이 가능해 졌으며 워크스테이션으로 대표되는 오피스 오토메이션기에 부가하여 팩시밀리 퍼스날컴퓨터 및 복사기등의 많은 기기의 접속사용이 예상된다.

한편 이와같은 기기가 증가함에 따라 전기용량 공조설비 배선처리 및 조명환경의 문제등을 고려하지 않으면 안되는 문제점들이 나타나게 되었다. 따라서 본계획에 있어서는 이와같은 상황에 대처하기 위하여 다음의 방안을 주안점으로 하여 계획하였다.

1) 공조설비는 전기용량과 일치되게 설비용량을 정하는 외에 확장 갱신을 자유롭게 할 수 있도록 공기조화기의 분산시스템 및 예비냉수·냉각수배관을 설계토록 하였다.

2) 수많은 설비기기의 운용 및 관리를 위해서는 컴퓨터를 이용한 감시제어설비가 필요하게되나 본계획에서는 공사기간의 단축을 주목적으로 한 최신의 분산형감시제어 시스템을 채택하였다.

3) 에너지센터는 각 건물에 대한 에너지공급기지임과 동시에 설비기기의 종합적인 감시를 행하기 위한 정보센터를 집약화시켜 적극적인 경비절감을 이룩하도록 하였다.



1. P.M.V. 이란 덴마크공과대학조교수 P.O. Fanger가 제정한 쾌적온열감지표이다
2. P.M.V : Predicted Mean Vote
3. A → B : 건축계획상의 배려에 의한
 B → C : 설비계획상의 배려에 의한
 C → D : 자동제어의 정도(精度)에 의한

그림 1. 오피스 쾌적환경의 창조

4) 설비시스템이 수십년후에도 고도의 오피스기능을 유지하기 위해서는 공간의 후렉서빌리티(Flexibility)와 함께 시스템을 구성하는 부품을 용이하게 교환할 수 있는 배려가 필요하다. 왜냐하면 건물에 사용되는 각종 설비기와 배관배선류는 내용년환이 짧으며 기술혁신에 의해 신제품이 나올 가능성이 있기 때문에 여기에 대응하는 설계대책을 세우도록 하였다.

2.3 에너지절감대책

금후의 초고층 오피스빌딩은 종래의 오피스빌딩과 비교하여 커다란 변화를 할것이 예상된다. 따라서 오피스빌딩의 에너지절감방법도 이와같은 변화에 대응할 수 있는 것이 아니면 안된다. 특히 오피스오토메이션에 따른 기기발열의 증대와 보다 나은 집무환경의 요구에 대해서 충분히 대응할 수 있는 방법이어야 한다. 본 계획은 이러한 점을 중시한 에너지절감계획이 되도록 하였다.

1) 외벽디자인

단열성 및 기밀성을 향상시키며 더욱이 필요시에는 통풍을 할수 있도록 하는 것이 건축적인 측면에서의 에너지절감대책의 기본이며 이 원칙에 따라 외벽이 디자인되도록 계획하였다. 한편 창으로 부터의 냉복사에 대응하기 위하여 창밀에 복사판별(콘벡터)을 설치하여 창근처의 실온을 상승시키지 않고 쾌적한 난방환경이 얻어질 수 있는 방식으로 하였다. 이 방식은 웬코일유니트방식보다 에너지절감형이 되며 유지관리가 편리하게 된다.

2) 외기냉·난방 및 야간환기방식채택

초고층빌딩에서는 여름에 외기온도가 낮고 봄 가을 외기온도가 실내온도와 차가 크게 되드래도 풍향·풍속관계로 자연통풍에 의한 환기가 불가능하게 되므로 공조설비에 의해 적극적으로 외기를 받아 들이는 방식으로 하였다. 또한 한낮에는 더우나 야간에 외기온도가 낮을 경우에 냉방시에는 야간환기를 행하여 건물을 냉각시키는 방식도 고려하였다. 이와같은 방식을 채용하므로써 건물의 오피스오토메이션화에 의한 실내부하가 증가함에도 불구하고

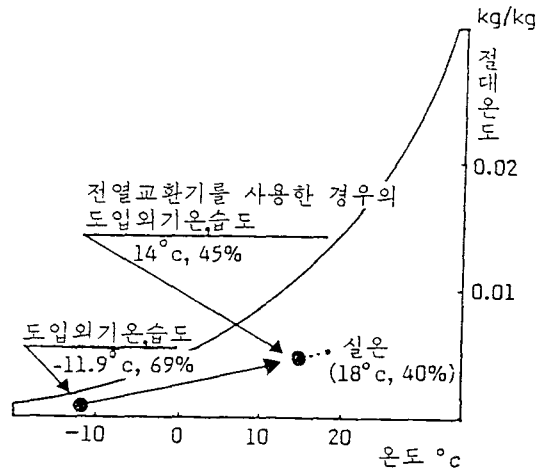


그림 2. 오피스의 에너지 절감

하고 냉방시간을 단축시키는 것이 가능하게 된다.

3) 전열교환기에 의한 열회수대책

겨울철에는 실내외의 온도차가 상당히 크기 때문에 신선한 외기의 도입에 따른 예열부하가 매우 크게 되고 이 부하는 난방부하의 절반이상 차지하고 있다. 이 부하량을 감소시키기 위해서 전열교환방식을 채택하였다. 이렇게 하므로써 그림 2에서 보는 바와같이 외기도입부하는 약 7분의 1로 감소시킬수 있어 그 결과 전체 난방부하는 2분의 1 이하로 줄일수 있게 하였다.

4) 기타의 에너지절감대책

냉수계통의 변유량시스템을 채용하는 외에 외기도입최적화제어, 공조기기류의 최적기동·정지제어, 비에이비시스템(VAV system) 채용 및 고효율설비기기등이 사용되도록 계획하였다.

2.4 라이프사이클코스트에 의한 경제성 추구

건물이 경제적이라고 하는 것은 단지 당초의 건설코스트가 낮다는 것 뿐만 아니라 유지관리비를 포함한 종합적인 의미에서 경제적이지 않으면 안된다.

특히 건설후 유지관리비는 인건비의 증대와 에너지코스트의 앙등에 의해 라이프사이클코

스트중에 이들이 차지하는 비율이 크게 증가하여 건설비의 수배에 달하게 되는 경우가 대부분이므로 초기건설코스트를 낮추는 것에 중시하다 보면 유지관리비가 높은 건물로 되어 버리고 또 반대로 초기건설코스트가 다소 높게 되더라도 유지관리비중 가장 큰 비중을 차지하는 에너지비 및 인건비절감의 효과를 도모할 수 있도록 하므로써 보다 경제적인 건물이 될 수 있기 때문이다.

유지관리비중에는 에너지비, 수선비, 시설교체비, 안전관리비 및 청소비가 커다란 비중을 차지하고 있다. 특히 이중에서도 에너지비는 유지관리비의 거의 50%을 초과하며 에너지의 유효이용과 절약에 의한 비용절감이 중요한 요소가 되고 있다. 그래서 주변기후환경에 알맞은 건물이 되게 하므로써 부하의 억제를 도모하여 채광이나 외기등의 자연에너지의 유효이용을 꾀하도록 계획하는 한편 각종 폐열의 열회수, 외기도입의 최적화, 반송(2차매체운반)에너지의 최소화, 고효율기기의 채용 및 컴퓨터를 이용한 최적감시제어등의 설비시스템을 도입하였다. 이와같은 설비계획에 의해 건물의 라이프사이클코스트가 그림 3과 같이 될수 있게 하기 위하여 다음의 내용으로 설비시스템이 구성되도록 하였다.

1) 건물전체가 사용하기 편리하며 기능적이고 경제적일 것 또 관리는 최대한 자동화하여 경비절감을 이룩하고 집중관리가 가능할 것

2) 설비계획도 열원설비와 같이 집중화하는 것이 이점이 높은 것은 처음부터 장래 계획의 스페이스를 확보해 가면서 공사기간별로 대응할 수 있도록 동별로 독립된 설비시스템을 갖춘다.

3) 열원설비는 전체의 부하중심에 설치하여 효율적으로 각 건물에 에너지를 공급할 수 있도록 부지내 1개소에 집중화하였다. 열원설비실의 크기는 부지내의 장래 증축에 의한 부하증대에 대응할 수 있는 넓이로 하여 설비기기의 갱신이나 증설에 대응할 수 있도록 하는 한편 기기의 반출입이 용이하게 계획하였다.

3. 설비시스템의 유지관리현황

설비시스템의 유지관리를 담당하는 설비관리기술자는 단순히 무사고 운전에만 그치는 것이 아니고 관리원단위의식을 갖고서 철저하게 에너지사용의 합리화를 기하도록 하여야 한다.

에너지컨서베이션(Energ Conservation)이란 아이디어를 창조하는 기술이 아닌 상태보전의 기술이므로 젊고 유능한 기술자들의 입장에서 보면 매력이 없을 것이다. 그러나 이것을 어디까지나 설비원단위의식의 바탕에 사용의 합리화를 추구하는 것으로 하여야 하므로 이를 실현하기 위해서는 종합적인 어프로치(Approach)가 필요하게 된다.

이제 설비시스템의 유지관리는 수동적인 방법이 아닌 능동적인 방법이 되도록 하는 사고의 전환이 요청된다. 육감과 경험에만 의존하지 말고 원리원칙을 중시하여 건전한 사고를 갖고 적극적인 시스템태터어프로치(Systematic Approach)가 필요하다.

설비시스템에서 설계, 건설, 유지관리의 각 과정을 따로따로 분리하여 생각할 수가 없으므로 이것을 총괄하여 건물에 있어서 쾌적한 환경이라고 하는 제품생산의 차원에서 생산설비로 하여 설비의 효율향상을 기하는 넓은 시야로 본 종합적인 유지관리가 되도록 함과 동시에 설비관리기술자가 전원이 참가하지 않으면 안된다. 이제는 설비유지관리에 필요한 설비진단에 대한 기술이 여러가지 방법으로 개

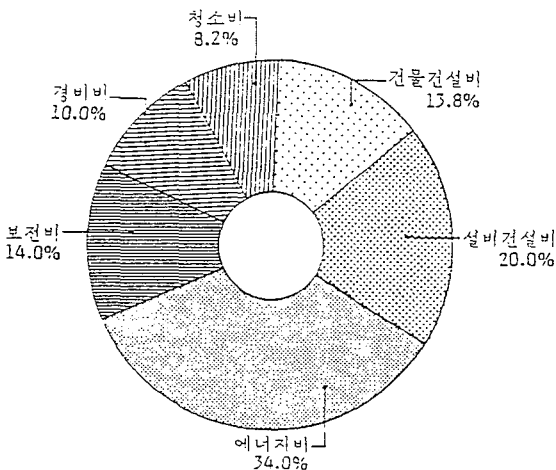


그림 3. 라이프·사이클·코스트(50년간)

발되어 있다. 그래서 이러한 기술을 이용하여 가동설비의 상태관리에 중점을 둔 유지관리가 요망되고 있는 때가 아닌가 생각되어 한국종합무역센터에서는 상기에 기술된 생각을 바탕으로 설비시스템의 관리기준을 작성하여 건물 유지관리의 합리화에 대처하고 있다.

3.1 무역센터의 에너지절약시스템의 종류

3.1.1 효율향상을 위한 시스템

- 1) 배기열회수설비(전열교환기)
- 2) 자동제어설비(최적기동제어, 냉수온도 제어)

3.1.2 운반동력저감을 위한 제어시스템

- 1) 변풍량설비(비에어비유니트 : VAV unit)

2) 펌프대수제어설비(냉수 2차펌프)

3.1.3 열부하저감을 위한 시스템

- 1) 배기열회수설비(전열교환기)
- 2) 자동제어설비(외기냉방, 워밍업, 나이트 퍼지)

3.2 무역센터 설비시스템의 운용현황

효율향상을 위한 시스템, 운반동력저감을 위한 제어시스템 및 열부하저하를 위한 시스템이 각각 개별로 동작되는 것이 아니라 실내환경관리기준의 설정치에 따라 종합적으로 상호 유기적인 동작을 하게 된다. 상기에서 기술된 실내환경관리기준이란 공중위생법에서 정하고 있는 공중이용시설에 대한 실내공기환경기준으로서 표 1에 보이는 바와 같다.

이 관리기준에 의거 무역센터에서도 시설관리기준을 별도로 정하여 운영하고 있다. 그중

온도 및 습도기준만 여름철 냉방시 온도 26℃ 습도 70%, 겨울철 난방시 온도 22℃ 습도 40%로 하고 기타는 법의 기준에 의거 설비시스템이 가동되고 있다.

현재 사무동빌딩(지하 2층 지상 54층 연면적 107706 m²)에는 외국인 입주사와 다량의 사무자동화기기의 사용으로 인하여 그 이상의 조정이 어려운 실정이었다. 이 실내환경기준을 자동제어설비의 운전설정치로 하여 전반적인 공조시스템을 토탈코스트(Total cost)의 설계개념에 따라 제어하는 한편 열운반매체의 각 계통별로 저항 감소, 단열 및 누설에 대한 점검보수를 꾸준히 시행하여 시스템의 효율향상을 도모하고 변풍량시스템 및 변유량시스템에 의한 운반동력이 저감되도록 하고 있다. 이외에 열부하의 저감을 위하여 재실자의 유무에 따라 워밍업(Warming up)제어를 실시하고 봄·가을의 중간기에는 전외기처리를 시키도록 하는 한편 냉난방시는 전열교환기에 의해 배기열 회수처리를 최대한 하고 있다. 그러나 주야간 기온차를 이용하는 나이트퍼지(Night purgy)는 아직 활용하지 못하고 있는 실정이다.

이와같은 관리방법에 의해 냉방시는 연면적에 대한 평균부하가 40 kcal/m²h(설계시 30 kcal/m²h)로 설계시보다 10 kcal/m²h 가 더 증가되고 있다.

3.3 데이터의 수집과 분석

에너지컨서베이션(Euergy Conservation)을 추진하는데는 현재 사용되고 있는 에너지량의 정확한 파악이나 시설보완작업후의 효과 측정이 필요로 하게 된다. 또 이를 위하여는

표 1. 실내공기 환경기준

	항 목	관리기준치	판 정	측 정 법
온 열 조 건	온 도	17~28℃	순간치	온도계(0.5눈금)
	상대습도	40~70%		건습구 온도계(0.5눈금)
	기 류	0.5m/s 이하		0.2m/s 이상 측정 가능한 풍속계
공기청정도	CO ₂	1,000ppm 이하	평균치	CO ₂ 검지관식
	CO	10ppm 이하		CO 검지관식
	부유분진	0.15mg/m ³ 이하		중 량 법

에너지가 어떤 목적을 위하여 얼마만큼 사용되고 있는가를 파악하기 위한 계측기기가 구비되어야 한다.

그러나 실제로 각 설비기기에 계측기기가 설치되어 있지 않기 때문에 소비량을 정확히 파악하는 것이 곤란한 경우가 많다. 오래전부터 건축설비의 물배관계통에 유량계등이 설치되지 않는 이유는 공기조화기의 냉수측은 여유가 있는 설계가 되기 때문에 유량을 정확히 파악할 필요가 없어 배관계통의 주배관의 유량은 주로 펌프의 성능곡선과 전류치 냉동기의 출입구 압력차등으로 파악하는 것이 그 예로 되어 있으나 설비기기의 성능저하등을 미루어 볼때 가능한 한 많은 계측기기를 취부하는 것이 정확한 데이터의 수집과 분석을 위하여 필요하다고 느껴진다.

표2. 공조설비 운전현황

항 목	운전현황	비 고	
냉난방기기 가 동 율	냉 방	5월 4%	사무동·연 면적 107,706m ²
		6월 19%	
		7월 31%	
		8월 33%	
		9월 13%	
	난 방	11월 8%	
		12월 25%	
		1월 32%	
		2월 19%	
		3월 12%	
4월 4%			
열원기기 년간 평균 부하율	냉동기 35%		
	보일러 42%		
열원기기 년간 운전 시간	냉동기 727시간		
	보일러 820시간		
년간 전력 소비량	냉동기 13KWH/m ² 년		
	공조기 20KWH/m ² 년		
보일러 연 료 소비량	유 류 1.6ℓ/m ² 년		
	도시가스 129m ³ /m ² 년		

1) 공조설비의 운전현황

한국종합무역센터는 1988년 6월 30일에 준공하여 동년 8월 30일자로 전관이 입주되어 지금까지 약 2년동안 유지관리를 하고 있는 건물로서 아직까지는 라이프사이클 코스트에 대한 검토는 준비단계에 있어 다음 기회에 소개하기로 하고 참고로 공조설비의 운전현황과 용도별 에너지 사용에 대한 것을 표2에 표시하였다.

4. 맺 는 말

오피스빌딩에서의 효과적인 에너지사용을 위하여 설비관리의 추진방향을 다시 말하면

- 1) 원가의식을 가질것
- 2) 원리원칙을 존중할것
- 3) 과학적인 어프로치를 할것
- 4) 건전한 단판을 할것
- 5) 의욕적 관리를 할것

등과 함께 무사고 운전을 행하는 것이 에너지절약에 크게 이바지 할 수 있다고 말할수 있다. 왜냐하면 사무자동화가 추진되는 지금에 있어서는 사고에 의한 실질손실을 간단히 쉽게 계산할수 없기 때문에 생산적인 유지관리를 실시하여 무사고를 기하도록 하는 외에 만일 정지시는 즉시 복구될 수 있도록 하는 유지관리의 실천 그 자체가 크다란 에너지절약대책이 될수 있다는 것을 생각해 주었으면 한다.