

TM
690
2. 11. 14.
第81回 碩士學位論文

指導教授 李 彦 求

중앙대학교



T0084585

百貨店의 設備計劃에 있어서 외기냉방
시스템의 에너지節約效果에 관한 研究

- A Study on the Energy Saving Effect of the Economizer Cycle System
in Department Stores -

中央大學校 大學院

建築工學科 建築計劃 및 環境專攻

尹 起 萬

1994. 6.

百貨店의 設備計劃에 있어서 외기냉방
시스템의 에너지節約效果에 관한 研究

- A Study on the Energy Saving Effect of the Economizer Cycle System
in Department Stores -

이 論文을 碩士學位 論文으로 提出함

1994年 6月

中央大學校 大學院

建築工學科 建築計劃 및 環境專攻

尹 起 萬

尹起萬의 碩士學位 論文을 認定 함.

審查委員長 _____ 印

審查委員 _____ 印

審查委員 _____ 印

中央大學校 大學院

1994年 6月

국 문 요 약

백화점의 설비계획에 있어서 외기냉방 시스템의 에너지절약효과에 관한 연구

중앙대학교 대학원
건축공학과
윤기만

백화점은 많은 사람의 밀집, 과다한 조명부하 등으로 인하여 연중 냉방부하가 발생되는데, 이에 따른 실내발열부하를 줄이기 위해서는 사람의 체류시간과 실내 조명을 줄이고, 일사취득열을 막고, 환기나 배기구를 둠으로써 어느정도 낮출 수는 있지만, 엄청난 냉방부하를 줄이기에는 불편함과 어려움이 따르므로 설비와 공조시스템을 적절히 선정해 주는 것이 바람직 한다.

백화점의 공조설비에 있어서 이와 같은 과다한 냉방에너지를 절감시킬 수 있는 효과적인 방법으로 외기의 조건이 양호한 중간기 외기를 직접 도입하여 냉방에 사용함으로써 자연냉방의 효과를 피하는 외기냉방 시스템(Economizer Cycle System)이 최근에 많이 채택되고 있다. 특히, 우리나라의 기후 특성상 11월에서 이듬해 4월까지의 외기온도는 대개 18°C 이하가 됨으로 그 기간에 냉방이 필요할 경우 전외기 또는 외기량의 혼합량을 조정하여 냉동기를 운전하지 않고 냉방하는 경우에 에너지 절약이 되는 경우가 있다.

그러나, 외기냉방의 에너지절약효과에 대한 정량적인 근거가 미비한 상태에서 대부분의 백화점에서는 외기냉방시스템을 활용하지 않고, 1년 내내 냉동설비를 가동하는 경우가 많으며 일부 외기냉방시스템을 적용하는 경우에도 관리자의 이해 부족으로 그 효과를 충분히 얻지 못하고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 백화점의 설비계획에 있어서 외기냉방 시스템의 에너지 절약효과를 정량적으로 파악함으로써 에너지 다소비형 건물인 백화점에서 냉방에너지

절약을 적극적으로 유도하고, 건물부분에서의 에너지를 이용할 수 있는 방안을 제시하고자 하였다.

본 연구의 방법으로는 백화점의 건축계획적 특성과 에너지소비특성을 조사하고 외기냉방시스템의 이론적 배경을 고찰함으로써 백화점에서의 외기냉방 적용 가능성을 분석하였고, 건물의 에너지성능을 분석할 수 있는 컴퓨터 프로그램 중 에너지절약설계기준 연구를 위해 개발된 BECS Program의 알고리즘을 고찰 하였다.

또한, 전형적인 백화점 건물을 대상으로 컴퓨터 시뮬레이션을 실시하여 외기냉방 시스템 적용에 따른 에너지절약효과를 정량적으로 분석하였고, 백화점 설비계획에 있어서 외기냉방시스템 적용시 고려하여야 할 시스템 운영지침을 정리하고, 백화점의 냉방에너지 절약 설계기법을 제시하였다.

모델 건물 조건은 서울시에 위치한 S.P 백화점의 기본 모델로 컴퓨터 시뮬레이션 하여 외기냉방효과를 분석하면 다음과 같다.

1. 백화점건물에서의 외기냉방방식의 적용가능성을 검토한 결과, 백화점건물이 내부발생열이 타 용도의 건물에 비해 많고, 냉방이 주로 공조기를 이용한 공기식으로 이루어진다는 점에서 적용가능성이 매우 높은 것으로 나타났다.

2. 백화점 건물의 냉방부하를 구성요소별로 분류한 결과, 내부발생열에 의한 부하가 일사와 구조체관류에 의한 부하의 약 5.3배에 달해, 냉방부하의 대부분이 내부발생열에 의한 것으로 나타났다.

3. 년중 외기냉방에 의한 에너지 절감효과를 시뮬레이션한 결과, 중간기인 10월, 11월, 3월, 4월, 5월의 경우 외기냉방효과가 있는 것으로, 3월 약 9,070KWh, 4월 약 16,233KWh, 5월 약 8,531KWh, 10월 약 13,881KWh, 11월 약 10,893KWh의 절감효과가 나타났으며, 가장 효과적인 달은 4월로 전체절감량의 약 28%를 차지하고 있다.

4. 외기냉방 유무에 따른 에너지절약 효과를 시뮬레이션 한 결과, 비 외기냉방시 냉방부하는 779,676KWh, 외기냉방시 720,058KWh로 냉방부하가 58,770KWh 감소되었다. 따라서 외기냉방을 했을 경우 전체 냉방에너지 중 약 8.3%의 절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

5. 실내발생열의 조건을 100%(832,630KWh), 80%(693,171KWh), 60%(508,733KWh)일 경우로 나누어 외기냉방효과를 시뮬레이션 한 결과, 대상건물의 냉방부하는 100%일 경우 61,837KWh, 80%일 경우 58,1597KWh, 60%일 경우 47,560KWh로 각각 9.2%, 9.2%, 10.3% 정도의 절감효과가 있었다. 따라서 내부발생열이 작을수록 에너지 절약효과는 크게 나타났다.

6. 외기냉방에 사용되는 도입외기의 설정온도를 12°C, 15°C, 18°C, 21°C, 24°C, 27°C이하로 변화시키면서 이에따른 외기냉방효과를 시뮬레이션한 결과, 각각 575KWh, 13,869KWh, 59,617KWh, 59,879KWh, 21,978KWh, -211,300KWh로 각각의 절감율은 12°C시 0.1%, 15°C시 2%, 18°C시 8.3%, 21°C시 8.3%, 24°C시 3%, 27°C시 역효과로 나타났다. 따라서, 외기냉방시 18°C~21°C 전후로 하는 것이 가장 효과적으로 나타났다.

목 차

국문요약

제 1 장 서 론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구의 범위 및 방법	3
제 2 장 백화점설비의 특성과 에너지소비실태	5
2.1 백화점설비의 특성	5
2.1.1 개 요	5
2.1.2 백화점 설비의 특징	6
2.2 백화점의 에너지소비실태	9
2.2.1 건물 용도별 에너지소비구조	9
2.2.2 서울시 백화점의 에너지소비 실태	11
제 3 장 외기냉방 시스템의 고찰	15
3.1 외기냉방의 배경 및 목적	15
3.1.1 외기냉방의 배경	15
3.1.2 외기냉방의 목적	17
3.2 외기냉방 제어 방식	21
3.2.1 개 요	21
3.2.2 엔탈피 제어 방식	22
3.2.3 야간 외기냉방	25
제 4 장 에너지 해석 방법의 고찰 및 프로그램 선정	27
4.1 에너지 해석 방법의 고찰	27
4.1.1 단일척도 방식	27
4.1.2 단순다중척도 방식	30
4.1.3 정밀시뮬레이션방식	32
4.2 외기냉방 해석 프로그램의 선정	32

4.3 BECS 프로그램의 알고리즘	33
4.3.1 시스템 공통의 전처리 계산 알고리즘	33
4.3.2 Fan, 냉동기, 보일러의 정격출력	36
4.3.3 플랜트 에너지 소비량 산정	39
제 5 장 외기냉방 절약효과 시뮬레이션	41
5.1 모델선정 및 설계조건	41
5.1.1 모델 선정	41
5.1.2 모델 공간의 건물조건	43
5.2 외기냉방 시뮬레이션	47
5.2.1 외기냉방의 적용에 따른 에너지절약	47
5.2.2 실내 발열 조건에 따른 에너지절약	55
5.2.3 외기냉방 설정 온도에 따른 절약효과	57
5.3 종합토의	59
제 6 장 결 론	61

■ 참고문헌

■ Abstract

표 목 차

<표 2.1.1> 백화점내 공조방식의 적용	7
<표 2.1.2> 백화점의 에너지절약형 설비설치 현황	8
<표 2.1.3> 백화점의 에너지절약 채용율(85년도 일본의 경우)	9
<표 2.2.1> 국내 에너지소비 증가추세	9
<표 2.2.2> 우리나라 대형 건물의 에너지 원단위	10
<표 2.2.3> 건물용도별 에너지원 소비구성비	11
<표 2.2.4> 건축면적과 에너지 소비량	12
<표 2.2.5> 서울시 백화점의 전기사용량	13
<표 3.1.1> 환기시스템의 에너지절약 수법	16
<표 3.1.2> 용도별 내부발생 열원	18
<표 3.1.3> 서울시 외부 기후 특성	19
<표 5.1.1> 모델공간의 개요	43
<표 5.1.2> 공조운전 시간	44
<표 5.1.3> 외기온습도 조건	44
<표 5.1.4> 실내온습도 조건	44
<표 5.1.5> 시간당 환기횟수	44
<표 5.1.6> 내부 부하 조건	45
<표 5.1.7> 외벽 구조별 부하준비자료	45
<표 5.1.8> 유리문 구조별 부하준비자료	45
<표 5.1.9> 구조체 열 관류율 값	46
<표 5.2.1> 촌별 최대 난방부하	48
<표 5.2.2> 냉방 부하	48
<표 5.2.3> 비 외기냉방시 냉·난방부하	50
<표 5.2.4> 외기냉방시 냉·난방 부하	51
<표 5.2.5> 외기냉방을 했을때의 효과	52
<표 5.2.6> 월별 냉·난방·플랜트 소모에너지	54
<표 5.2.7> 내부 발열 조건에 따른 냉·난방부하	55
<표 5.2.8> 발열 조건에 따른 효과	56
<표 5.2.9> 온도별 냉·난방부하	57
<표 5.2.10> 외기냉방시 온도별 절감 효과	58

그 림 목 차

(그림 1.2.1) 연구의 흐름도	4
(그림 2.2.1) 에너지원 소비구성비	11
(그림 2.2.2) 서울시 백화점의 전기사용량	14
(그림 3.1.1) 백화점과 사무실의 실내발생열 비교	18
(그림 3.1.2) 서울 외기 온·습도 조건	19
(그림 3.1.3) 외기도입량 결정 구분	20
(그림 3.2.1) 건구온도와 엔탈피 기준에 의한 외기냉방 가능범위	21
(그림 3.2.2) 외기상태 빈도와 도입 외기량	22
(그림 3.2.3) 엔탈피 센서에의한 외기냉방 싸이클	23
(그림 3.2.4) 야간 외기냉방의 효과 예	26
(그림 4.3.1) 외기온의 Reset 설정	34
(그림 4.3.2) Economizer을 채택한 경우 외기의 양	35
(그림 5.1.1) S.P 백화점의 단면도	42
(그림 5.1.2) 모델공간의 평면 및 단면	43
(그림 5.2.1) 촌별 최대 냉방부하	49
(그림 5.2.2) 외기냉방시 냉·난방부하	51
(그림 5.2.3) 비 외기냉방에 따른 외기냉방의 절감량	52
(그림 5.2.4) 월별 외기냉방 효과	53
(그림 5.2.5) 냉방 플랜트 소모에너지	54
(그림 5.2.6) 발열 조건에 따른 효과	56
(그림 5.2.7) 외기냉방시 설정점 온도에 따른 냉·난방 부하	57
(그림 5.2.8) 외기냉방시 온도별 절감 효과	59

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

우리나라의 전체 에너지 소비량 중 건물부분(상업 및 가정부분)이 차지하는 비율은 현재 약 30%에 이르며, 그 중에서도 건물의 냉·난방 및 공조용으로 소비되는 에너지량은 건물의 소비에너지량의 50%를 차지하고 있으므로, 이 부분에서의 에너지절약은 국가의 에너지절약 정책에 큰 비중을 차지하고 있다.

최근, 국가경제가 급속히 성장하고 국민들의 생활수준이 빠르게 향상됨에 따라 상품의 구매욕구가 크게 높아지고 있다. 또한, 국제간의 교역량이 많아짐에 따라 각종 상품의 수입이 급증하고 있으며, 유통산업의 규모가 크게 성장하고 있는 상황이고 이에 따라, 백화점의 수요가 급증하면서 대규모 백화점의 건립이 빠르게 늘어나고 있는 실정이다. 특히, 백화점의 경우 지금까지 대도시의 중심부에 일부 밀집되어 있던 양상에서 벗어나 최근에는 부도심지역과 대규모 주거단지 주변까지 확산되어 건립되고 있으며, 중소규모의 도시에도 백화점들이 들어서면서 종래의 재래식 시장의 기능을 점차 대체해 나가고 있는 실정이다.

대규모 백화점은 대부분 실내환경을 전적으로 기계설비에 의존할 뿐만 아니라 다른 유형의 건물에 비하여 각종 내부열발생량이 매우 크기 때문에 이를 제거하기 위한 에너지 소비량이 많아지게 된다. 따라서, 정부에서는 에너지이용합리화 정책의 일환으로 $3,000\text{m}^2$ 이상 규모의 백화점에 대하여 에너지절약 계획서의 제출을 의무화함으로써 건물분야에서의 에너지의 효율적이용을 도모하고 있다. 특히, 백화점의 경우 조명, 인체 및 각종기기로 부터의 내부발생이 많을 뿐 아니라 매장의 특성상 대부분의 건물이 외부로 면한 창을 최소한으로 계획하게 되므로 대부분의 1년 기간중 과다한 열발생량으로 인하여 냉방부하가 발생하게 된다.

따라서, 외기의 조건이 쾌적한 봄, 가을의 중간기는 물론 겨울철에도 냉방설비를 가동하게 되므로 다른 건물 유형에 비하여 에너지 소비가 급증하게 된다.

백화점의 공조설비에 있어서 이와 같은 과다한 냉방에너지를 절감시킬 수 있는 효과적인 방법으로 외기의 조건이 양호한 중간기 외기를 직접 도입하여 냉방에 사용함으로써 자연냉방의 효과를 피하는 외기냉방 시스템(Economizer Cycle System)이 최근 많이 채택되고 있다.

그러나, 외기냉방의 에너지절약효과에 대한 정량적인 근거가 미비한 상태에서 대부분의 백화점에서는 외기냉방시스템을 활용하지 않고, 1년 내내 냉동설비를 가동하는 경우가 많으며 일부 외기냉방시스템을 적용하는 경우에도 관리자의 이해 부족으로 그 효과를 충분히 얻지 못하고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 백화점의 설비계획에 있어서 외기냉방 시스템의 에너지 절약효과를 정량적으로 파악함으로써 에너지 다소비형 건물인 백화점에서 냉방에너지 절약을 적극적으로 유도하고, 건물부분에서의 에너지를 이용할 수 있는 방안을 제시함을 목적으로 한다.

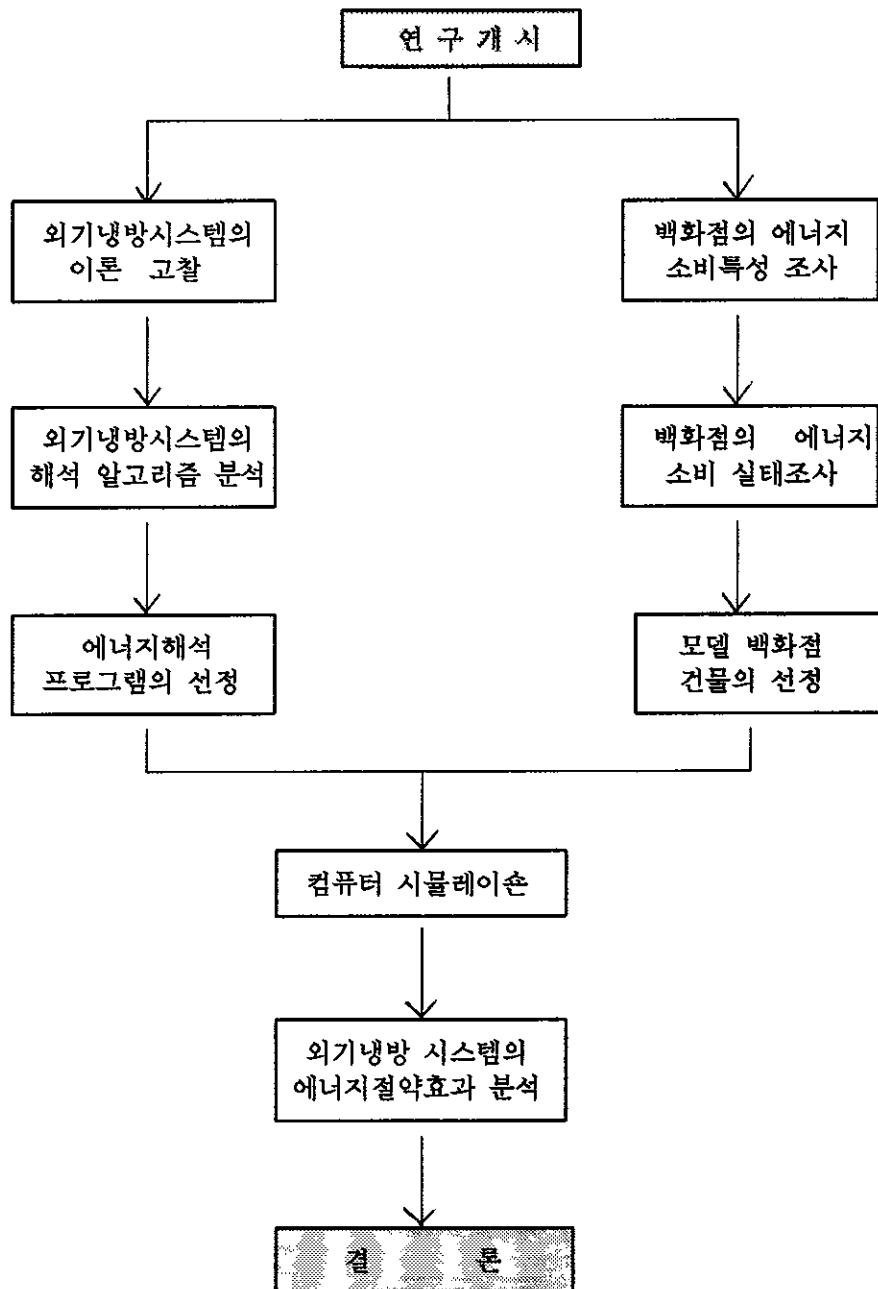
1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 범위는 백화점 건축물의 에너지 설비설계 기준중 연면적 $3,000\text{m}^2$ 이상인 서울시 백화점을 대상으로 하고, 서울시 외부 기후조건과 백화점의 내부 발생열에 따른 외기냉방 시스템의 필요성을 조사해 보았다. 이에따라, 여러 백화점들 중 S.P 백화점을 모델 선정하여 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 정량적으로 분석하여 냉방에너지 절약 설계기법을 제시한다.

본 연구의 방법으로는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 1) 백화점의 건축계획적 특성과 에너지소비특성을 조사하고 외기냉방시스템의 이론적 배경을 고찰함으로써 백화점에서의 외기냉방 적용 가능성을 분석한다.
- 2) 건물의 에너지성능을 분석할 수 있는 컴퓨터 프로그램 중 에너지절약설계기준 연구를 위해 개발된 BECS Program의 알고리즘을 고찰 한다.
- 3) 전형적인 백화점 건물을 대상으로 컴퓨터 시뮬레이션을 실시하여 외기냉방 시스템 적용에 따른 에너지절약효과를 정량적으로 분석한다.
- 4) 백화점 설비계획에 있어서 외기냉방시스템 적용시 고려하여야 할 시스템 운영지침을 정리하고, 백화점의 냉방에너지 절약 설계기법을 제시한다.

본 연구는 일종의 사례연구로서 본 연구에서 파악된 외기냉방시스템의 에너지 절약효과는 기존 백화점의 설계도면을 대상으로 시뮬레이션한 결과이기 때문에 실제 에너지절약 효과와는 일부 차이가 있을 것으로 예상된다. 따라서 연구결과에 대한 신뢰도를 높이기 위해서는 앞으로 다양한 백화점 건물에 대한 시뮬레이션과 함께 실제 에너지 소비량의 차이는 현장에서의 측정하는 조사연구가 이루어져야 할 것이다.



(그림 1.2.1) 연구의 흐름도

제 2 장 백화점설비의 특성과 에너지소비실태

2.1 백화점설비의 특성

2.1.1 개요

백화점은 공급과 소비의 매개체 역할 뿐만아니라 인간의 사회생활과 유기적인 관계를 갖고 있다. 즉 영업을 통하여 고객에게 봉사하고 편리함을 도모하여 고객과 더불어 공동이익을 추구하는 이념 아래 고객에게 만족을 주어야 한다. 또한 백화점은 많은 고객을 맞아들여 되도록 많은 상품을 판매하는 것이 목적이며, 이를 위해 건물의 외관에서부터 실내에 이르기까지 상업가치를 필요로 하게된다. 즉, 항상 신선한 감을 주고 화려한 모습을 과시할 필요가 있게 되는데, 점객부문은 밝고 편한하게 냉·난방설비 및 방화설비도 갖추고 새로운 상품을 암시하는 새로운 감각의 디자인이 이루어져야 한다. 백화점은 단일 건물내에 균린생활시설과 금융, 백화점, 식당가, 레저, 스포츠시설, 예식장, 수퍼마켓, 문화행사를 위한 다목적홀 등을 수용하는 복합건물로 열적 변화가 많은 장소이며, 취공하는 상품의 종류도 많아 매장의 배치가 수시로 변경을 요하며, 특매장, 식당등과 같이 인원 밀도가 매우 높은 공간들이 있는가 하면, 반대로 미술품 매장처럼 인원밀도가 아주 낮은 공간들이 있다는 점을 들 수 있다.

특히, 백화점이란 불특정 다수의 사람이 다양한 목적으로 이용한다는 점이고, 1년을 통해 볼 때 타 건축물에 비해 실내 발생열이 매우 높음에 따라 에너지소비가 난방부하보다 냉방부하가 매우 크며, 사람들이 많이 몰려 있어서 건강을 위한 환기량과 폐적한 근무환경이 요구되며, 이를 위한 외기도입이 중간기나 동절기에 도 가능한 특징을 지니고 있다.

2.1.2 백화점 설비의 특징

1) 백화점의 공조방식

백화점은 많은 사람의 밀집, 과다한 조명부하 등으로 인하여 연중 냉방부하가 발생되는데, 이에 따른 실내발열부하를 줄이기 위해서는 사람의 체류시간과 실내 조명을 줄이고, 일사취득열을 막고, 환기나 배기를 둠으로써 어느정도 낮출 수는 있지만, 엄청난 냉방부하를 줄이기에는 불편함과 비효과적이므로 설비와 공조시스템을 적절히 선정해 주는 것이 바람직 한다.

백화점의 공조설비 시스템으로는 냉·온열원, 공기조화기, 열반송설비, 자동제어설비 등으로 구성되어 있으며, 열매의 종류와 반송설비에 따라 중앙식과 개별식으로 나누며, 중앙식이란 열원이 집중설치되어 있는 방식이며, 개별식이란 열원이 분산설치되어 각 실에서 개별제어가 가능한 공조방식이다.

최근, 백화점의 공조시스템은 에너지절약을 위해 부하변동에 따른 환경제어가 가능한 천정형 쿨링 유니트식의 변풍량방식 공조시스템화 하고 있으며, 이는 외기냉방시 설치 가능한 방식으로 다른 공조방식보다 효과적인 에너지절약이 되며 자동제어 기술의 발달과 함께 더욱 그 개발이 촉진되고 있다. 또한 에너지절약을 위한 공조설비에 빙축열시스템, CO-GENERATION 시스템과 열회수 시스템 등이 적극적으로 적용되고 있는 추세이다. 일반적으로, 외기냉방을 설치 했을때 공조방식에 따른 적용범위는 많으나 백화점에서의 사용가능한 공조방식과 외기냉방시 가능한 공조방식을 정리하면 다음 <표 2.1.1>과 같이 분류할 수 있다.

<표 2.1.1> 백화점내 공조방식의 적용¹⁾

분류	부하처리 형태		공기공 _호 방식 외기처리 및 실내부하처리용	쇼 핑 매 장	지 하 가	운 전 비	외 기 냉 방	
	외기처리	실내부하처리						
중 앙 열 원 방 식	공 기 방 식	중앙식	중앙식	정풍량단일덕트방식	◎	◎	중 가능	
				변풍량단일덕트방식	◎	◎	소 가능	
		각층유니트방식	각층유니트방식	정풍량단일덕트방식	◎		대 가능	
				변풍량단일덕트방식	◎		중 가능	
	수 공 기 병 용	팬코일유니트(2관식)* + 중앙식or각층유니트 방식		정풍량단일덕트방식	◎	◎	소	
		변풍량단일덕트방식		◎	◎	소		
분 산 열 원 방 식	분 산 방 식	중앙식	각층폐키지 방식	정풍량단일덕트방식	◎		소	
				변풍량단일덕트방식	◎		소	
		각층폐키지 방식		정풍량단일덕트방식	◎		소	
		변풍량단일덕트방식		◎		소		
	열원히트펌프유니트*	수열원히트펌프유니트*		정풍량단일덕트방식	◎		소	
		+ 중앙식or각층폐키지 방식		변풍량단일덕트방식	◎		소	

2) 백화점의 에너지절약형 설비현황

소규모 건물, 즉 주택이나 상점 등의 건물에서는 여름철에 냉열원, 겨울철에는 온열원만을 사용하는 경우가 많은데, 건물규모가 대형화, 다양화, 고급화됨에 따라 냉열원 및 온열원을 필요로 하는 기간이 길어져서 열원은 연간을 필요로 하는 경우가 발생되고 대형 건물의 내주부에서는 겨울철에도 냉풍을 실내에 송풍하는 것이 상식화되고 있다. 이러한 이유로 에너지 소비가 급증함에 따라 자연에너

1) 건축사협회 에너지절약형 건축설계 핸드북 -판매시설편 1994. 3 p52

김영호 장순익 공저 건축설비 음성문화사 1992. 1 p483

지 이용의 확대와 에너지절약 추진, 공해문제등을 고려하게 되면서 열원 방식을 결정하는 주 요소들을 종합적으로 검토하게 되었다.

이러한 결과로 1975년 이후 1,2차 오일파동을 거치면서 에너지절약 시스템이 적극 도입되고 에너지관련기기 즉, 흡수식 냉동기의 채용 및 외기냉방시스템의 도입, 히트펌프 시스템의 개발 및 전열 교환기의 채용, 지역 냉·난방등의 에너지 효율적 이용방법의 발전으로 우리나라의 경우 1990년대 준공된 건물은 규모가 커지는 것에 비해 각 건물에 대한 에너지절약 방안이 점차 확대됨에 따라 단위 면적당 에너지소비량은 감소하는 추세이다. 그러나 기술도입의 미비와 운전 기술의 능력 및 인식부족으로 인해 아직도 막대한 에너지 자원의 손실을 가져오고 있는데, 앞으로 더욱 보급 확대 시켜 준다면 에너지절약효과를 더욱 기대할 수 있을 것이다.

그래서, 서울시 대규모 백화점 15개를 조사하여 에너지절약형 설비설치 현황을 살펴본 결과 아래와 같이 분석되었으며, 최근에 준공된 백화점의 경우는 에너지 절약형으로 설치된데 반하여 과거에 준공된 백화점은 거의 설치하지 않은 것으로 조사되었다.

<표 2.1.2> 백화점의 에너지절약형 설비설치 현황

구 분	합 계	변속조절 장 치	전 열 교환기	흡수식 냉·온수기	빙축열 방 식	열병합 발전소	외기냉방 시 스 템
채 용 백화점수	15개건물	6(40%)	4(27%)	3(20%)	2(13%)	4(27%)	9(60%)

본 연구에 의한 외기냉방시스템에 있어서 조사된 결과는 백화점의 실내부하가 많기때문에 중간기를 이용한 백화점 내부에 환기만을 목적으로 외기를 도입하는 방식과 냉동기와 외기를 같이 도입하는 방식, 기온에 따라 외기만을 도입하여 냉방하는 방식으로 사용하고 있었으며, 특히, 모든 백화점이 실내공기의 오염과 상승부하로인한 환기방식을 적용하고 있었으며, 중간기 외기를 냉방전용으로 사용

하는 백화점은 약 60%에 이르는 것으로 조사되었지만, 이것마저도 제대로 사용되고 있지 않는 실정이다.

또한, 기후조건과 상황이 다르지만 일본의 경우 백화점(45개의 백화점 건물)에서의 공조기기의 채용율에 따른 에너지절약 효과를 보면 아래 <표 2.1.3>와 같이 나타났으며, 에너지절감을 위해 많은 연구와 더불어 효과를 보고 있는 것으로 나타났다.

<표 2.1.3> 백화점의 에너지절약 채용율(85년도 일본의 경우)²⁾

구 분	전 열 교환기	외기냉방	최소외기 제어	열원과용량 대수 제어	반송 동력	배열회수	기 타
채용율(%)	24	14	19	8	26	3	6

2.2 백화점의 에너지소비실태

2.2.1 건물 용도별 에너지소비구조

우리나라는 급속한 경제성장 기간인 70년대에 에너지 소비가 7% 수준으로 증가하다가 80년대 2차 석유 파동으로 인해 소비는 년 평균 4%로 증가 추세를 보였다. 86-89년이후 경제성장과 석유가격이 하강함에 따라 에너지소비도 다시 증가하여 10%이상의 증가 추세를 보였다.

<표 2.2.1> 국내 에너지소비 증가추세

구 분	81년	82년	83년	84년	85년	86년	87년	88년	89년	90년
증가율(%)	4.1	-0.2	8.3	8.0	5.5	9.2	10.4	11.0	8.4	13.5

2) 공기조화·위생공학회편 “건축설비집성 5집” 상업시설 オーム社 1988.8 P14

특히, 에너지 사용은 산업용, 수송용 및 건물용 등의 용도로 구분할 수 있으며, 이중에서도 다소비형 대형건물은 연평균 19%의 증가율을 나타내며 점차 대형화하고 있는 추세이다. 이처럼 에너지소비가 급증함에 따라 정부시책의 일환으로 에너지 다소비 건물을 진단하기에 이르렀고 이에 대한 규제 효과로 에너지 원단위도 사무실의 경우 감소하는 추세인데 반하여, 특히, 백화점은 90년대에 들어 백화점의 수와 규모가 증가함에 따라 고급화, 다양화되어 에너지소비량도 증가하는 추세이다.

면적당 에너지소비량을 비교해 볼 때 사무소 건물보다 백화점 건물이 크게 나타났으며, 특히, 백화점의 경우 86년에 255Mcal/M².년에서 89년에는 355Mcal/M².년으로 39%에 가까운 증가율을 보였다.³⁾

<표 2.2.2> 우리나라 대형 건물의 에너지 원단위

1989년 기준

구 분	사무소	백화점	교육기관	호 텔	아 파 트	총 계
에너지소비량 (Mcal/m ² 년)	311	355	136	711	217	1,730
평 균(%)	18	21	8	41	12	100

- 자료출처 : 동력 자원부 에너지 센서스 자료

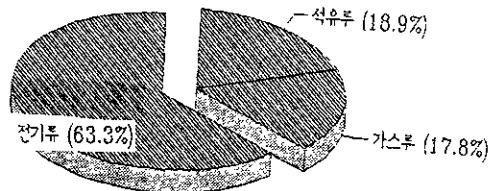
건물용도별 에너지원 소비구성비를 보면 아래<표 2.2.3>와 같이 에너지소비구조가 건물용도에 따라 상당한 차이를 보이고 있는 것을 알 수 있다. 특히, 중요한 특징은 전체 에너지소비중 전력이 차지하는 비중은 상업용이 65%, 업무용이 56%, 교육용이 41% 수준으로 기타에너지에 비해 절유율이 높은 반면 다른 용도의 건물들은 낮게 나타났음을 알 수 있다. 이러한 현상은 백화점이 전기를 에너지원으로 하는 공조 및 냉동기의 가동, 고객 및 화물의 수송, 전시·매장용으로 쓰이

3) 건설부 “에너지절약 설계기준 개선 연구” 1993. 6

는 조명등에 걸리는 부하가 많기 때문이다.

<표 2.2.3> 건물용도별 에너지원 소비구성비⁴⁾

구 분	업무용	상업용	교육용	호 텔
석유류(%)	12.7	19.5	51.7	35.9
가 스(%)	29.5	15.3	7.1	37.1
전 力(%)	55.7	65.2	41.0	27.0
기 타(%)	2.1	-	0.2	-
계	100.0	100.0	100.0	100.0



(그림 2.2.1) 에너지원 소비구성비

건물 용도별 에너지소비량을 조사해 본 결과 지난 3년동안 백화점의 경우는 예전에 비해 보다 밝게, 따뜻하게, 시원하게 실내환경이 유지되었으며, 이에 따라 에너지소비가 증가한 것으로 분석되었으며, 또한 건물의 규모가 작을수록 M^2 당 에너지소비량이 작아지는 것을 알 수 있었다.

2.2.2 서울시 백화점의 에너지소비 실태

1) 백화점의 현황

현대에 와서 백화점의 건물은 점차로 대형화, 품질의 다양화에 따라 전문화가 요구되고 있다. 이로 인해 우리나라 서울시 백화점의 경우 준공년도에 따라 규모나 에너지소비 면에서도 상당한 차이를 보이고 있으며, 이는 국민 소득의 향상에 따라 에너지소비 경향도 점차 바뀌어 가고 있는 것을 알 수 있다.

따라서, 서울시 백화점(연면적 $3,000M^2$ 이상) 건물을 조사해 본 결과 과거의 백화점은 없어지거나 신,증축 및 개축의 형태로 사용하고 있었고 매장의 형태도 매년 바뀌어 가는 실정이다. 최근에 준공된 백화점은 대형화, 전문화 되어가면서 전체의 에너지소비량도 증가하고 시설면에서도 에너지절약형으로 설계되어가고 있었다.

4) 건설부 건축물 에너지절약 설계기준개선 연구 1993.6 PP24-26

2) 에너지 소비량 분석

조사대상 백화점의 에너지 사용특성과 외기냉방 시스템의 사용여부와 에너지소비 실태를 파악하기 위하여 백화점의 냉, 난방면적, 냉동기용량 및 종류, 외기냉방 등의 설비와 에너지 소비량을 정리하면 <표 2.2.4>와 같다.

<표 2.2.4> 건축면적과 에너지 소비량

(1993년도 기준)

백화점명	냉난방면적 (m ²)	냉동기용량 (RT)	냉동기 용량합계(RT)	연료총계(석유환산톤)	전력총계(MWH/년)	냉방용전기(MWH/년)	외기냉방기간(일/년)	냉방전력원단위 (KWH/M ²)
S S	13,043	920(왕복동식)	920	176.6	6,744	843		64.6
M M	12,770	420. 320. 120 각1대(터보)	860	123.2	4,587.4	1,879		147.1
M C	9,613	382 200 각1대(터보)	582	92.5	4,476	442	80일	46
S R	6,745	50×8 30×2 각1대(터보)	460	100	270			
L D	283,552	10,450 (총 17대)	10,450	1,735	26,585		80일	
N C	18,092	275×3(터보) 210×1	1,035	-	6,597	1,913		105.7
H D	31,871	800×3(터보) 250×1	2,650	432	13,910		90일	
G R	34,320	350×2 1000×2	2,700	542	15,000		70일	
G D	25,440	710,465(터보) 241(빙축열)	1,416	944	15,350	1,508		59.3
L W	88,777	1,500×7(흡수식) 800×2(원심식)	12,100	열병합	열병합	-	80일	-
H C	13,662	350×2 150×1 각 (터보식)	850	69	5,759	1,306	70일	95.6
S P	46,771	690×3(흡수식)	2,070	139	14,154	566	90일	12.1
K O	33,756	800×3(흡수식)	2,400	1,418	11,229		80일	
M S	38,090	519×1(빙축열) 450×1(터보)	2,007	851.8	9,693	1,254	90일	32.9
S O	6,059	460×2(흡수)	920	189	5,066			

본 연구에서 조사한 서울시 백화점 건물과 에너지관리 공단에서 조사된 “전기 다소비건물 진단 종합보고서”(1992. 12)에서 백화점 건물을 진단한 것을 대상으로 분석하면 다음과 같다.

① 백화점 창문의 형태는 공기조화기에 의해서만 환기가 가능한 완전 밀폐형 건물이 대부분이며 반 밀폐형도 근래에 들어 약간 보이고 있으며, 완전 개방형 건물은 거의 없는 것으로 분석 되었다.

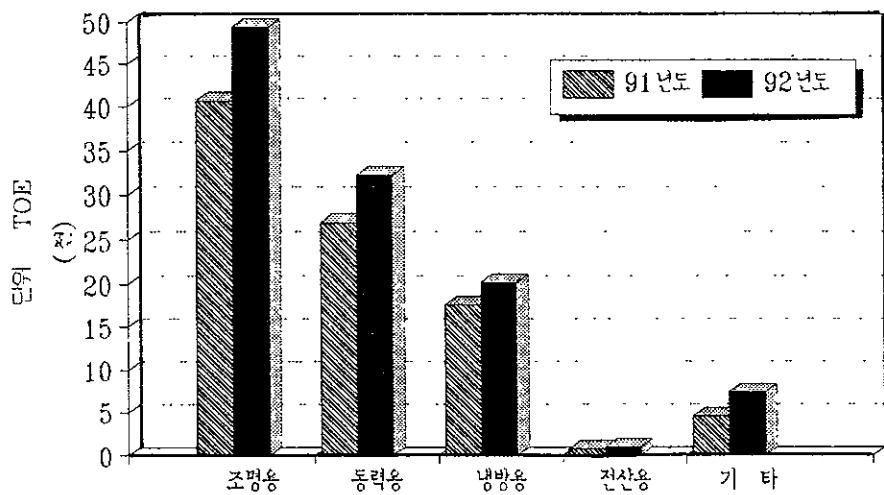
② 냉방설비는 운전 및 관리가 용이하고 제어특성이 우수한 터보 냉동기를 채택하고 있는 건물이 18개소로 냉방기의 주를 이루고 있었으며, 운전 및 관리는 다소 까다롭지만 경제성이 우수한 근래의 대부분 증기 흡수식 냉동기는 10개, 기타 3개소로 나타났다. 그러나 근래에 전기식과 증기 흡수식 냉동기의 장점을 모두 갖춤으로써 본격적으로 보급되기 시작한 가스 직화식이나 빙축열 방식을 채택한 건물이 많이 사용될 것으로 보여지며 이에 대한 보급방안이 강구되고 있다.

③ 공조방식은 대부분 AHU를 이용한 VAV, CAV나 FCU를 겸용하는 곳이 대부분으로 공기식 공조방식을 선택하고 있음을 알 수 있었다.

④ 서울시 30여개의 백화점 현황조사를 통해 백화점의 전기 소비량을 분석해 볼 때 전기 소비량은 백화점의 특성에 따라 다르지만 대체로 다음과 같이 분석되었다.

〈표 2.2.5〉 서울시 백화점의 전기사용량

전력 년	조명용		동력용		냉방용		전산용		기타	
	사용량 (MWH)	비율 (%)								
91년	40,677	45.0	26,916	29.8	17,569	19.5	640	0.7	4,507	5.0
92년	49,461	44.9	32,192	29.2	20,249	18.4	861	0.8	7,471	6.8



(그림 2.2.2) 서울시 백화점의 전기사용량

서울시 백화점의 전력 사용량을 조사한 결과 냉방 에너지의 소비는 국민 생활 수준 향상 및 신축건물의 증가로 냉방수요가 급증하여 년간 냉방 전력 사용량이 1991년도 17천MWH였으나 1992년에는 20천MWH로 연평균 15%나 증가하여 최대소비 전력 년 평균 증가율 11.4%에 대하여 높은 증가세를 나타내고 있다. 특히 상업 용 및 업무용 등 일반건물에서의 소비전력의 증가도 높아 냉방에너지에 대한 절감계획의 수립이 시급한 실정이다. 이러한 하절기 냉방 수용은 년간 피크치에 영향을 주어 1992년도의 경우 전력 공급 예비율이 8.3%에 불과하는 결과를 초래하여 향후 하절기 전력 공급에 심각한 차질을 빚을 우려가 대두되고 있다.

제 3 장 외기냉방 시스템의 고찰

3.1 외기냉방 배경 및 목적

3.1.1 외기냉방의 배경

외기냉방의 배경은 외기도입에 따른 환기시스템의 에너지절약대상에서 찾아볼 수 있는데, 우리나라의 기후 특성상 11월에서 이듬해 3월까지의 외기온도는 대개 18°C 이하가 됨으로 그 기간에 냉방이 필요할 경우 전외기 또는 외기량의 혼합량을 조정하여 냉동기를 운전하지 않고 냉방하는 경우를 외기냉방이라고 하며, 일반적으로 환기시스템에 대한 에너지절약 대책은 최소한의 외기를 도입 및 배기하여야 하는데 반해, 겨울철 중간기의 외기냉각능력을 적극적으로 이용하기 위해 외기도입량을 대량으로 하는 것이 에너지절약이 되는 경우도 있다.

무라 까미등은 “자연 통풍에 관한 실험적 연구”⁵⁾에서 통풍이 있는 방의 실온은 통풍이 없는 방의 실온에 비하여 하루 평균 3°C , 최대 6°C 정도 낮출수 있으며 통풍이 없는 방의 야간 실온은 외기보다 $3 - 5^{\circ}\text{C}$ 높은 결과를 얻었다. 기류속도를 고려한 신 유효온도로 환산하면 통풍이 있는 방은 없는 방에 비하여 일평균 5°C , 최대 10°C 낮았으며, 실내발열이 많은 곳은 자연환기에 의한 냉방효과가 크다고 하며 발열이 없는 곳에서는 자연환기를 이용하는 것보다 일사를 차단하는 것이 더 효과적인 것으로 보고하고 있다.

이와 같이, 전외기방식에서 송풍량이 많을수록 외기냉방의 효과가 있고 냉동기 운전기간이 단축된다. 송풍량이 적어지면 전외기를 도입하더라도 외기온도조건에 의하여 냉방효과가 적어지며 냉동기 운전기간도 3월 중순에서 12월초순 정도의 장기간에 걸쳐 시행한다. 따라서 외기상태와 실내 상태의 열적 균형에 따라 외기도입량을 결정하는 자동제어 구조의 채용이 에너지절약의 중요한 요소가 된다.

5) 村上周三외 3인 “자연 통풍에 관한 실험적 연구” 일본 건축 학회 논문집 1987. 2

환기시스템의 에너지절약 수법에는 다음 <표 3.1.1>과 같이 분류할 수 있다.⁶⁾

<표 3.1.1> 환기시스템의 에너지절약 수법

에너지 절약 대상	에너지 절약 방법
1) 환기에 수반하는 반송동력의 절감	<ul style="list-style-type: none"> ① 과잉환기의 회피 : 외기도입계통·배기계통에 정풍량장치, 댐퍼조절장치의 채용. ② 불필요시의 환기정지 : 항온기등의 간단한 제어로 필요시에만 환기운전을 한다. ③ 저부하시의 환기량제어 : 팬 대수 제어, 변풍량제어 ④ 국소배기의 채용 : 악취나 오염물질이 발생하는 경우 배기후드의 이용으로 환기풍량을 삭감 ⑤ 공조에 의한 대량 환기의 대체 : 냉방장치에의한 냉각 ⑥ 자연환기의 이용 : 환기는 되도록 자연환기으로 할것.
2) 환기에 기인하는 공조부하의 절감	<ul style="list-style-type: none"> ① 예냉, 예열시의 외기도입 정지 : 하기, 동기의 예냉, 예열시의 외기도입을 정지(단, 중간기에 대한 외기도입정지는 외기의 냉각능력의 커트로 이어진다.) ② 외기량 제어의 채용 : 재실인원, 실내 CO₂농도 겸지에 의해 외기 도입량을 제어한다. - 자동제어, 수동제어 ③ <u>외기냉방의 채용</u> : 동기, 중간기의 외기냉각력을 이용하며 냉동기 부하의 저감을 도모한다. - 엔탈피제어, 건구온도제어 ④ 야간외기냉방의 채용 : 야간의 저온외기를 이용하여 야간에 실내 구조체를 냉각해서 냉축열하며 냉방부하의 절감시킨다. ⑤ 전열 교환기 채용 : 외기도입과 배기전열을 교환 ⑥ 국소배기의 채용 : 직접외기에 방출
3) 배기의 열회수	<ul style="list-style-type: none"> ① 배기의 이용 : 기계실, 주차장의 환기로 이용 ② 히트펌프의 열원으로 이용 ③ 전열교환기의 이용

6) 월간설비기술 “환기설비” 1992. 9월호 한미출판 p56-p68

3.1.2 외기냉방의 목적

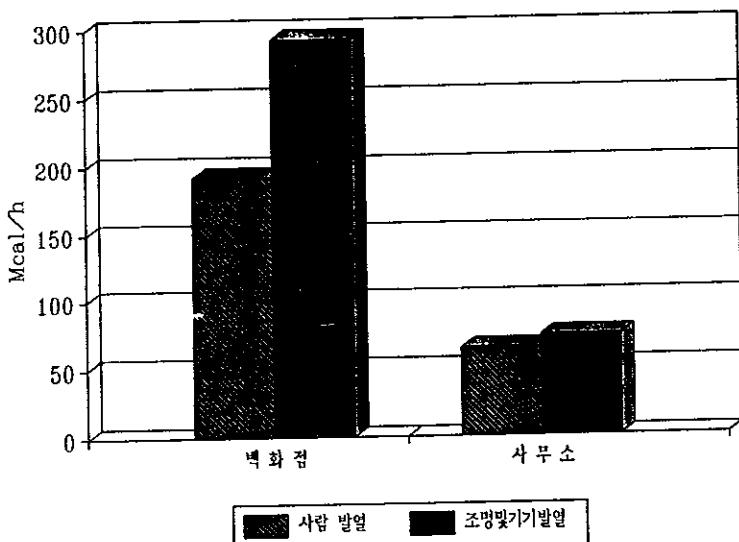
태양열, 지열, 지하수 및 외기와 같은 자연에너지를 유효하게 이용함으로써 에너지절약에 효과적일뿐아니라 환경적인 측면에서도 매우 효과적으로 기여할 수 있다.

백화점의 냉·난방 부하는 벽체의 열관류와 유리창의 투과 일사, 틈바람, 조명기구의 발열, 인체의 발열, 그리고 외기부하에 의해 구성된다. 이상의 부하요소 가운데 열관류와 일사부하 등이 건물 바깥 표면적에 미치는 영향에 대해 외기부하는 건물용적에 영향이 미치며, 건물규모가 커질수록 부하 가운데 차지하는 외기부하의 비율은 커진다. 또 재실인원이 많은 백화점, 극장등 환기 회수가 많은 건물에서는 더욱 외기 부하가 차지하는 비율은 커진다. 또 벽체의 열관류와 유리창 투과 일사는 벽, 바닥 등의 축열 구조체라는 필터를 통과해서 부하가 되므로 시간지연에 따라 간접적으로 영향을 미치는데 비해 외기부하는 외기상태 변화가 직접적으로 공조기에 영향을 미친다.

이에 따라, 내부발생열을 알기위해 백화점과 사무실의 내부발생량과 비교해서 백화점에서의 내부발생량이 어느 정도인지를 조사하기위해 실내용도별 내부발생 열원 <표 3.1.2>을 모델 백화점 건물 (공조면적 : $2,832\text{m}^2$)에 적용해서 일반사무실과 백화점의 실내발생열만을 조사해 보면 다음 (그림 3.1.1)과 같은 결과가 나타났다. 즉 백화점인 경우 총 484.5Mcal/h 로 면적당 $166\text{kcal/m}^2/\text{h}$ 이고, 사무실의 경우 총 137.1Mcal/h 로 면적당 $48.4\text{kcal/m}^2/\text{h}$ 로써 백화점이 사무실보다 3.4배 실내 발생열이 더 높게 산출되었다.

<표 3.1.2> 용도별 내부발생 열원

실 명	인원($\text{인}/\text{m}^2$)	인체발생열 (kcal/h/인)		조명부하 (W/ m^2)	기기발열 (W/ m^2)
		현열	잠열		
백화점	기준층	0.6	62	51	100 쇼케이스 7-10
	1 층	0.8	62	51	100 콘센트
	지하층	1.0	62	51	120 3-5
음식점	0.6	71	68	60	
사무소	0.2	54	59	30	
상점가	0.3	62	51	60	10-15
문화교실	0.5	54	59	40	



(그림 3.1.1) 백화점과 사무실의 실내발생열 비교

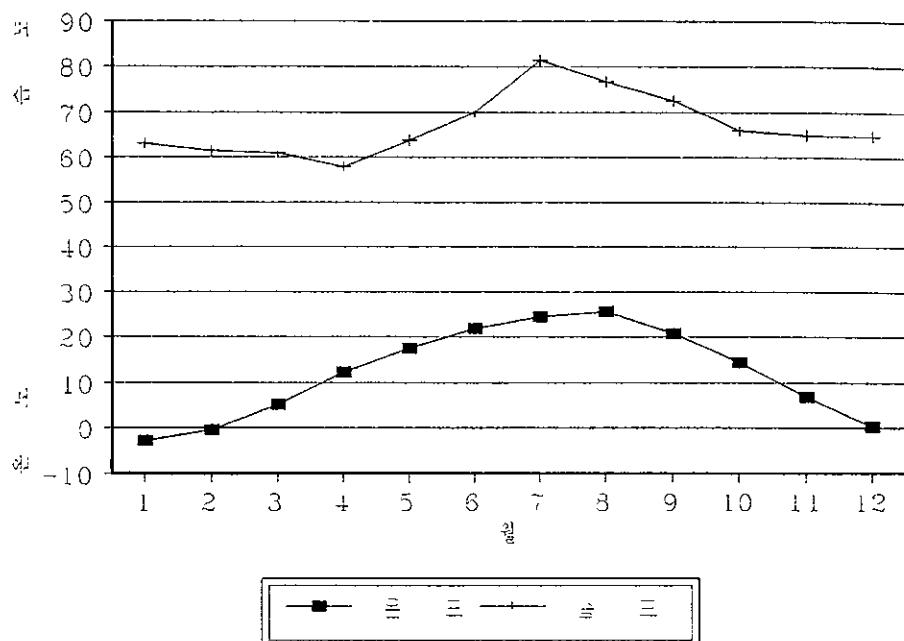
따라서, 백화점의 경우, 조명, 인체, 기기에 의한 발열이 많기 때문에 중간기나 겨울에도 냉방이 필요할 때가 있다. 그때 외기온에 의한 냉각력을 이용하는 외기냉방의 이용도 하나의 에너지절약 수법이 될 수 있는데, 실내공기의 열적 조건보다 외기의 열적 조건이 낮은 경우에 필요 외기량 이상의 외기도입으로 냉방한다.

장치 용량에 의해 외기 도입량에 제한이 있으며, 외기만으로 냉방의 모든 부하를 처리할 수는 없지만 외기 도입량을 증가함으로써 냉동기 부하의 감소를 도모할 수 있다. 따라서 우리나라 기후 특성상 외기온을 이용해 외기냉방이 가능한지를 알아보기 위하여 서울시 10년간의 기상자료를 분석해 보면 다음과 같다.

〈표 3.1.3〉 서울시 외부 기후 특성

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
온 도	-2.9	-0.6	5.2	12.2	17.5	21.9	24.4	25.6	20.9	14.3	6.8	0.3
습 도	63.1	61.4	60.8	57.8	63.9	70.1	81.4	76.6	72.4	66.0	64.9	64.8
기 류	2.4	2.7	2.8	2.9	2.6	2.4	2.4	2.1	2.0	2.0	2.3	2.4

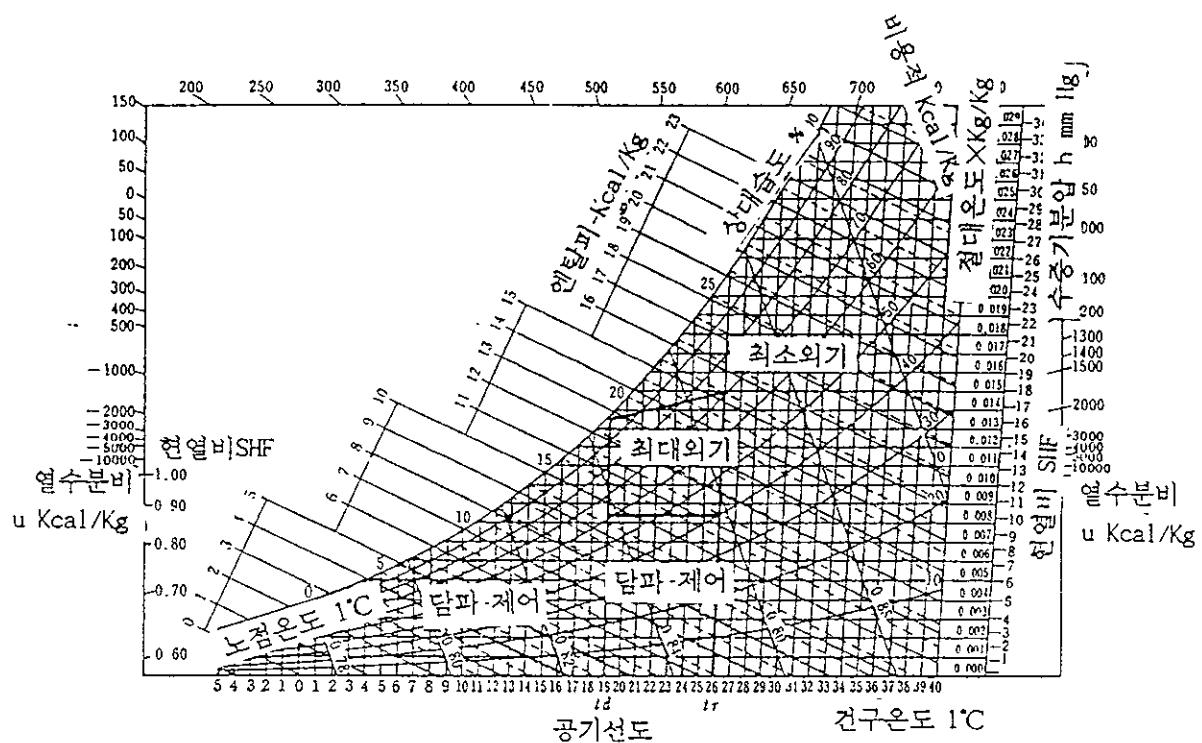
- 근 거 : 중앙 기상청(서울시 1983 -1992년간)



(그림 3.1.2) 서울 외기 온.습도 조건

외기냉방의 효과는 최종적으로 엔탈피 비교에 의하여 계산될 수 있지만 제어 방법으로서 엔탈피 기준외에 건구 또는 이것과 노점과를 조화시켜 습구온도 등을 기준한 것도 있다. 외기냉방이 필요한 곳은 실외기온이 실내기온보다 낮을 때 와 창이 밀폐되고 실내부하가 많이 발생하는 건축물에는 외기냉방을 하여야 하며, 특히 백화점같은 실내부하가 많이 발생하는 곳에는 더욱 효과적인 에너지 절약이 될 수 있다.

외기도입량에 따른 실제의 유효범위는 제한습도와 실 현열비 및 유효온도에 따라 최소외기와 최대외기를 (그림 3.1.3)과 같이 외기도입량을 결정하여야 한다.

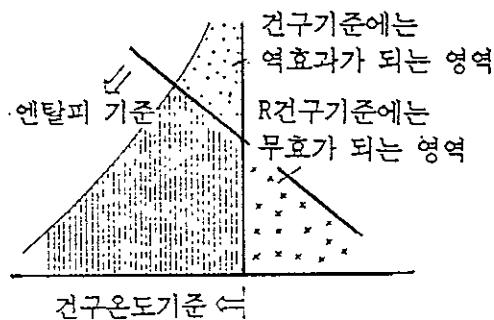


(그림 3.1.3) 외기도입량 결정 구분

3.2 외기냉방 제어 방식

3.2.1 개요

외기냉방의 제어방식으로는 일반적으로 엔탈피 제어(전열기준제어)와 건구온도 제어(현열기준제어)가 있으며, 아래 (그림 3.2.1)와 같이 실내공기에 대해서 냉 열원으로써 유효한 외기의 영역을 단순히 건구온도 및 엔탈피 기준으로써 결정한 것이다.

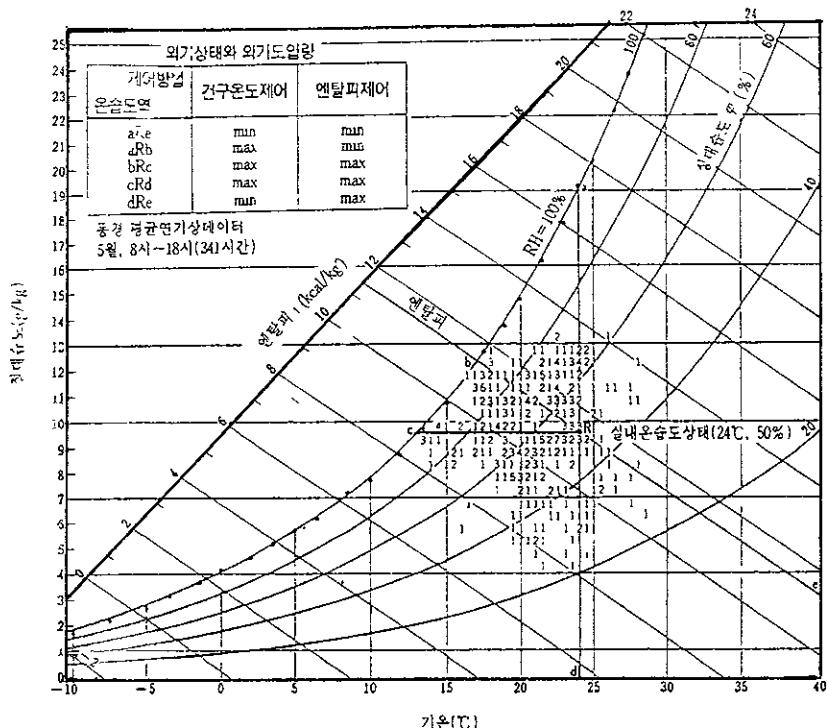


(그림 3.2.1) 건구온도와 엔탈피 기준에 의한 외기냉방 가능범위

엔탈피제어와 건구온도 제어의 기본적인 차이는 (그림 3.2.2)과 같은 공기선도상의 aRb역에 있는 외기도입의 외기량 차이에 있다. aRb역에 있는 외기는 현열적으로 외기냉방이 가능한 상태이지만 전열적으로는 환기보다도 보유열이 크며, 습도제어를 위해 여분의 냉각열량이 필요하다. 또한, 여기서 작성되어 있는 수치는 평균 연 기상데이터 5월의 공조운전시 (8-18시) 외기상의 빈도이다. aRb역에 있는 외기상태는 25%(82시간/전시간 341시간)에 이르며, 이경향은 여름에 더욱 커지며 실질적으로 건구온도 제어에 의한 외기냉방은 불가능하다.

또, 겨울에는 현열 외기냉방이 가능한 저온 저습 외기를 다량으로 도입했을 경우 반대로 가습용 에너지 소비증가를 초래한다. 외기냉방의 제어방식으로는 엔탈피 제어가 건구제어보다 우수하지만 습도제어가 어려우며, 습도조건의 폭을 넓힐지 않으면 에너지절약효과는 기대할 수 없고 건구제어는 엔탈피제어보다는 쉽지

만 정확성이 떨어지는 단점이 있다.⁷⁾



(그림 3.2.2) 외기상태 빈도와 도입 외기량

3.2.2 엔탈피 제어 방식

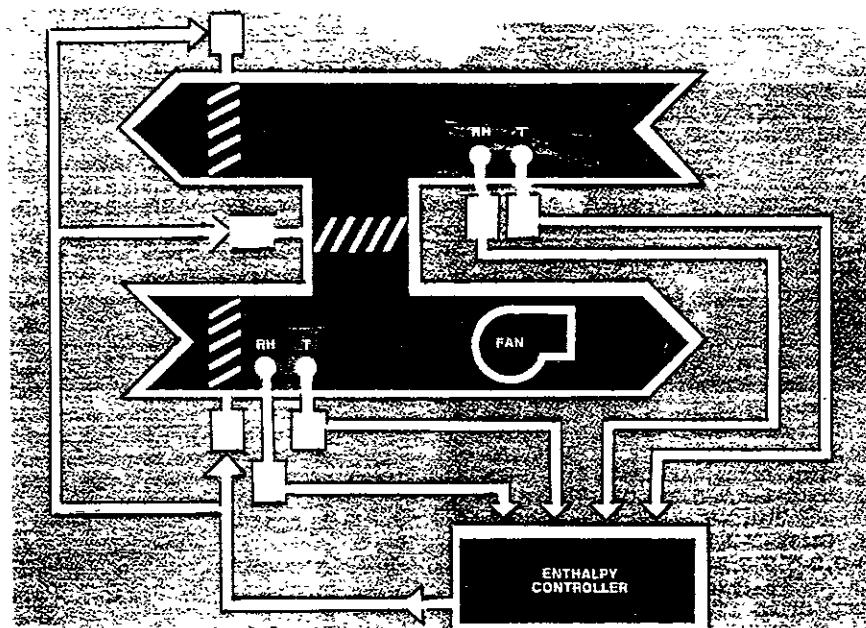
냉동기에 의해 급기되는 외기냉방 싸이클은 대부분 냉방부하를 요구하는 존에서 외기를 끌어들여 혼합된 공기의 온도를 적절히 제어해 줌으로써, 최소의 에너지 소비로 최대의 효과를 얻을 수 있다. 기계적인 냉·난방 장치는 외기만으로 내부공간의 냉·난방 부하를 안전하게 제어 할 수 없기 때문에 존을 결정한 직후에 라만 작동시킬 수 있다.

7) 월간설비기술 “환기설비” 1992. 9월호 한미출판 p56-p68

외기냉방은 엔탈피 센서로 감지함으로써 최대의 에너지 절약을 할 수 있다. 따라서, 엔탈피 센서는 실내 설계조건을 온도 25.5°C , RH 50%를 설정하고 엔탈피부하가 30BTU/POUND이하로 내려갈때 외기를 급기시킴으로써 자동적으로 외기냉방을 실행시켜 준다.

만약 외기의 습구온도가 실내부의 습구온도보다 낮을때, 냉각효율은 잠열냉각을 하지않는 것이 좋다. 따라서 전 냉각은 현열로 해야한다.

엔탈피 제어기는 기존의 댐퍼에 설치하거나 기존의 배기팬에 연결시키며, 배기팬 모터에 2단 변속 모터를 대치시켜야 할 것이다. 이러한 방법에서 외기냉방을 배기팬의 위치에서 전부 개방 했을때, 공기의 흐름은 매우 빨라질 것이며, 반쯤 열었을때 속도는 반으로 줄 것이며, 닫았을때는 전혀 흐름이 없을 것이다. 현재의 시스템에서 배기팬을 연결하고 엔탈피 제어기를 설치함으로써 700시간 이상의 외기냉방을 할 수 있다. 엔탈피 센서는 에너지 절약의 면에서 외기를 효과적으로 이용 할 수 있다.



(그림 3.2.3) 엔탈피 센서에의한 외기냉방 사이클⁸⁾

8) Ottaviano "Energy management" Ottaviano Technical Service Inc 1985. 7

따라서, 외기 냉방 시스템이 엔탈피제어로 설치된다면 절약은 좀더 정확한 설정점에 의해서 실행될 것이다. 어떤 AHU에서 냉각 코일에 관한 부하는 코일로 들어가는 엔탈피의 기능이다. 모든 열은 2개 - 즉, 건구온도와 상대습도 또는 이슬점 - 의 측정 기능이 있다. 엔탈피 제어는 배기덕트와 외부 조건에서 측정된다. 공기원은 냉방 시스템에 관해 가장 낮은 부하가 걸린다고 계산한다. 만약 외기가 가장 작은 부하가 걸린다면 제어기는 외기냉방 싸이클을 작동시킨다.

엔탈피 냉방싸이클을 작동시키기 위해서 설비장치, 제어장치, 댐퍼와 연결장치를 설치하여야 한다.

외기냉방 싸이클에서 4가지 조건은 엔탈피 조건이 건구 조건보다 잘 측정된다 는 것이며, 완전히 외기를 흡입했을 경우 환기에 필요한 모든 조건을 고려하여야 한다.

이상과 같이 외기냉방을 할시 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- 1) 외기냉방시에는 환기팬등을 설치하여 전 외기운전을 할 수 있어야 한다.
- 2) 다음과 같은 사항을 충분히 검토하여 외기냉방이 유효한 존마다 공조계통을 분활하는 것이 바람직하다.
 - ① 실내온습도 조건과 외기냉방의 유효성
 - ② 조명, 인체 등의 내부부하 밀도와 외기냉방의 유효성
 - ③ 방위 특성에 따른 일사부하와 외기냉방의 유효성
- 3) 외기냉방을 할 때에는 적어도 계절에 따른 수동제어로 하지만 감열(건구온도) 또는 전열(Enthalpy)부하에 의한 제어를 시시각각으로 함이 바람직하다.
- 4) 외기냉방의 효과를 향상시키기 위하여 실내 온습도의 설정변경기능을 갖도록하여 쾌적성의 범위내에서의 허용폭이 있는 제어방식으로 함이 바람직하다.
- 5) 전열교환기를 갖는 장치에 있어서 외기냉방을 할 때에는 송풍기 동력비를 경감할 수 있도록 해당 전열교환기를 BY - pass할 수 있는 닉트등을 설치하여야 한다.

6) 열회수방식에서 동절기에 열회수가 필요할 때에는 외기냉방의 효과와 열회수효과를 비교 검토하여 에너지절약 효과가 큰쪽을 우선하여 운전하거나 경우에 따라서는 외기냉방과 열회수운전을 병행하는 것이 바람직하다.

7) 야간에 외기를 실내에 도입하여 실내를 냉각함으로서 주간의 냉방부하를 경감시킨다.

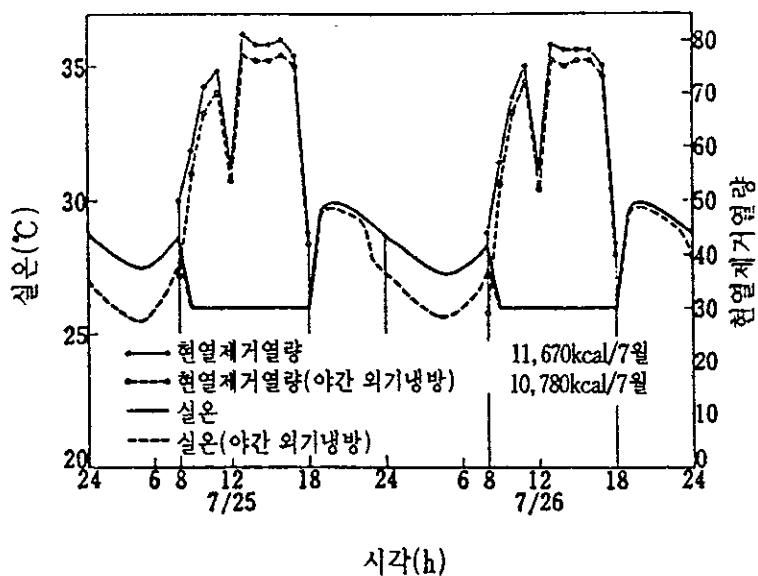
다만, 송풍기에 의한 에너지소비의 증가분이 열에너지 절약분을 상회할 때에는 예외로 한다.

3.2.3 야간 외기냉방

외기냉방의 또 다른 형으로 야간 외기냉방이 있다. 야간의 기온 저하를 이용하며 야간에 저온 외기를 적극적으로 도입, 구조체에 냉열을 축열하고 하루종일 냉방부하를 저감하는 방법이다. 일반적으로, 주야의 온도차가 큰 대륙형 기후의 경우 효과적이지만 기온의 일교차가 적은 곳에서는 그다지 효과가 없으며, 반대로 환기에 수반하는 반송동력 증가에 의해 에너지절약이 되지 않는 경우도 있어 채용할 때는 충분한 검토가 필요하다.

"월간설비기술 1992. 9월호"에서 발표한 모델빌딩의 남측 폐리미터부($7\times8m$)를 대상으로 하는 시험계산의 예는 다음 (그림 3.2.3)과 같다. 야간 외기냉방은 설정 실온보다 외기온도가 낮은 경우에 실시하는 사항이다.⁹⁾ 야간 외기냉방에 의한 절감량은 현열 제거열량의 감소량으로 계산할 수 있는데 보통 여름철에 절감효과가 크게 나타난다. 잠열 제거열량·외기부하를 가한 전 냉각열량에서 보면 불과 몇 퍼센트의 부하감소에 지나지 않는다고 한다. 따라서, 본 연구에서는 야간외기냉방은 제외 하기로 하고 추후 연구 과제로 수행할 예정이다.

9) 월간설비기술 1992. 9월호 -에너지절약과 환기- P61



(그림 3.2.4) 야간 외기냉방의 효과 예

제 4 장 에너지 해석 방법의 고찰 및 프로그램 선정

4.1 에너지 해석 방법의 고찰

본 연구에서는 외기냉방의 채용에 따른 에너지 절감 효과를 simulation 하기 위하여 기존에 개발된 열해석 방법을 고찰하고, 그중에서 연구목적에 해당한 해석방법을 선택하였다.

일반적으로 이용되는 건물의 에너지 해석방법은 계산에 필요한 변수의 수나 계산 빈도에 따라 단일척도 방식 (single measure Method), 단순 다중척도 방식 (simplified multiple measure method) 및 정밀 시뮬레이션 방식 (detailed simulation method) 등으로 분류 할 수 있다.

단일척도 방식은 연간 디그리데이와 같은 오직 한가지 조건만을 이용하게 되는데 이러한 방법은 단순한 건물에서만 적용이 가능하다. 그러나 단순 계산을 확대하여, 만일 어떤 특정한 조건이 발생하는 시간의 수와 같은 몇가지의 자료를 더 이용하게 되면 계산의 정확도를 향상시킬 수 있을 것이다. 이를 단순 다중척도 방식 (simplified multiple measure method)이라고 부르는데, 여기에는 빈 (Bin)방식 등이 있다. 가장 발전되고 자세한 에너지 해석방법은 주어진 분석기간 동안 매 시간당 에너지 균형 (energy balance)을 계산하는 것인데, 이를 정밀 시뮬레이션 방식이라고 한다.

4.1.1 단일척도 방식 (Single Measure Method)

대부분의 단일 척도 방식은 디그리데이 방식 또는 수정 디그리데이 방식의 변형이다. 이 방식은 부하계산의 척도로 디그리데이 한 가지만을 사용하는 방식으로 주거용건물과 같이 외피부하가 큰 비중을 차지하는 건물 (surface load

dominated building)의 난방에너지 예측에 주로 사용된다. 가변 디그리데이 방식은 더 정확한 방식으로 에너지 절약형으로 설계된 건물이나, 냉방에너지의 단순 예측에 사용되어질 수 있는 방식이다.

1) 디그리데이 방식 (Degree-Day Method) 과

수정 디그리데이 방식 (Modified Degree-Day Method)

디그리데이방식은 기본적으로 오랜 기간동안 관찰하여 본 결과 일평균 기온이 18°C (65°F)가 되면 태양열이나 내부열 발생으로 인한 취득열이 열손실량을 상쇄하게 되며, 또한 하룻동안의 난방부하는 18°C와 일평균 기온의 차이에 비례한다는 가정에 근거를 둔 것이다.

디그리데이 방식의 18°C 기준은 과거 건물의 단열상태가 불량하고 내부열발생도 극히 적은 경우에 연구된 것이다. 그러나 최근의 건물은 단열시공이 필수적이고 또 전기기구 등 각종 내부 발생 열량이 많은 생활용품의 사용으로 실제로 18°C의 일평균 기온에서는 냉방부하가 발생하는 경우가 생기게 된다. 따라서 18°C를 기준으로 계산된 연간 냉방부하는 실제보다 훨씬 큰 값을 갖게 되므로, 수정 디그리데이 방식에서는 이에 대한 보완으로 기후조건에 따라 실측자료에 의한 보정계수를 이용하여 디그리데이방식의 문제점을 보완하고 있다.

이 방식에 의한 일정기간 동안의 에너지 소모량 (E)는 다음의 식으로 구할 수 있다.

$$E = \frac{q_L \times 24 \times HDD}{k \times \Delta T} \times C_D \quad \dots \dots \dots \quad (4.1.1)$$

여기서, q_L : 최대난방부하 (kcal/h)

HDD : 연간난방도일 (°C day/yr)

k : 최대 부하시 효율과 부분 부하시 효율, 과다설비 설계, 에너지 절약 기기의 효과를 감안한 보정계수 (일반적으로 0.55~0.65의 값을 갖는다.)

ΔT : 설계용 실내외 기온 차 (°C)

C_D : 18°C를 기준으로한 디그리데이에 대한 난방효과를 감안한 보정계수 (일반적으로 0.5~0.8 사이의 값)

나) 가변 디그리데이 방식 (Variable Base Degree-Day Method)

가변 디그리데이 방식 (VBDD)은 디그리데이 산정의 기준으로 균형점온도 (balance point temperature)의 개념을 도입한 것이다. 즉, 건물의 태양 복사열 취득과 내부 발생열을 고려한 부하가 영 (zero)이 되는 균형점 온도를 계산한 뒤, 이에 맞는 디그리데이를 산정하여 연간 난방부하를 계산하는 방법이다. 균형점 온도 (T_b)는 다음과 같이 계산된다. 정상 상태로 계산한 건물의 난방부하 (q_H)는,

$$q_H = BLC \times (T_i - T_o) - q_g \quad \dots \dots \dots \quad (4.1.2)$$

여기서, q_g : 태양복사열 취득과 내부열 발생의 합

T_i : 실내 기준 온도

$$BLC : 열손실계수 = \frac{q_L}{\Delta T}$$

가 되므로, 균형점 온도 T_b 는 다음과 같이 가정할 수 있다.

$$q_H = BLC \times (T_b - T_o) \quad \dots \dots \dots \quad (4.1.3)$$

그리므로 식(2)와 식(3)에서,

$$T_b = T_i - (q_g / BLC) \quad \dots \dots \dots \quad (4.1.4)$$

난방기간 동안의 평균 외기온이 균형점 온도보다 10°C 이상 낮을 때에는, 균형점 온도는 다음과 같이 수정된다.

$$T_b = T_i - \eta_g (q_g / BLC) \quad \dots \dots \dots \quad (4.1.5)$$

여기서, η_g : 획득열 이용 효율

이렇게 균형점 온도가 계산되면, 건물의 에너지 소모량은 다음과 같이 구해진다.

$$E = \frac{BLC \times 24 \times DD_{TB}}{\dots} \dots \dots \dots \quad (4.1.6)$$

여기서, T_b : 균형점온도 ($T_b = T_i - (q_g / BLC)$ 의 식으로 계산)

DD_{TB} : 균형점온도를 기준으로 계산한 연간 디그리데이

η : 난방 기기의 평균 효율

4.1.2 단순다중척도 방식 (Simplified Multiple Measure Method)

디그리데이 방식은 건물의 에너지 소모는 실온과 외기온의 차이에만 비례한다고 가정하기 때문에, 외피에 의한 부하가 냉·난방 부하의 큰 비중을 차지하는 작은 구조체에나 적용할 수 있다. 이러한 디그리데이 방식의 결점을 보완하기 위해 한가지 이상의 환경 변수를 이용하여 건물 에너지를 해석하는 방법을 단순 다중척도 방식 (simplified multiple measure method)이라 한다.

1) 빙 방식 (Bin Method)

단일척도 방식은 사용하기는 매우 간단하나, 에너지 소모에 큰 영향을 주는 모든 인자가 고려되지 않는다면, 그 결과는 매우 부정확해지게 된다. 특히, Economizer을 채용하는 경우, 외기온에 따라 에너지 소모량은 크게 다르기 때문에 디그리 데이법과 같은 단일척도 방식은 사용이 불가능 하다.

빈은 임의의 간격으로 정할 수 있으나, 일반적으로 3°C (혹은 화씨의 경우 5°F 가 이에 해당)의 간격을 주로 사용한다. Economizer의 설정점 온도이하에 존재하는 빈 구간의 온도는 냉동기 부하를 줄일 수 있는 외기 조건이 된다. 이와 같은 구간을 계산하면 절감 에너지량을 얻을 수 있다.

비 방식에서는 건물의 점유기간 (occupied period)과 비점유 기간

(unoccupied period) 동안의 열부하를 따로 계산하는 것이 보통이며, 또한 균형 점온도를 조정하여 내부열 발생과 태양열 흐름의 영향을 고려하기도 한다. 예를 들어 21°C와 39°C 사이에는 3°C 간격의 빈이 20개 있고, 건물 사용자의 점유 시간대에 따라 0~8시, 8~16시, 16~24시의 3가지의 시간대로 나뉘어지므로 총 60 가지의 빈에 대한 계산이 이루어지게 된다.

2) 수정 빈 방식 (Modified Bin Method)

수정 빈 방식은 재래의 빈 방식에 추가로 다변 부하 (diversified load)의 개념을 도입하여 태양열 흐름과 내부열 발생을 고려할 수 있게 한 것이다. 또한 수정 빈 방식에서는 난방, 환기, 공기조화기기의 영향을 에너지 해석시 고려할 수 있도록 하였다. 이렇게 함으로해서 디그리데이 방식이나 과거의 빈 방식에서는 가정에 의할 수 밖에 없었던 재열 (reheat) 시스템과 열회수 (heat recovery) 시스템, 외기냉방 시스템(economizer cycle system) 등도 더 정확하게 그 영향을 예측할 수 있게 되었다. 수정 빈 방식에서는 태양열 흐름의 평균 분포 패턴, 기기와 조명의 사용 분포 패턴, CLTD (cooling load temperature difference)를 사용하여 시간에 따른 다변부하를 규정한다. 창을 통한 태양열 흐름에 의한 부하는, 여름과 겨울에 대해 각종 평균하여 구한 태양열 부하를 외기온에 대해 선형관계 (linear relationship)로 변환하여 구하게 된다.

이렇게 모든 부하가 결정되면, 냉·난방 코일의 부하를 계산하여 HVAC시스템의 성능을 구한 뒤, 빈-시간 데이터를 이용하여 코일에서의 연간 에너지 소모를 구한다. 이 때의 economizer의 설정 유무에 따른 에너지 소모량을 계산할 수 있다. economizer는 기본적으로 내부발생이 많은 건물의 해석에 적합하므로 수정 빈 방법을 이용한 계산은 유용하게 사용 될 수 있다.

최종적으로는 보일러와 냉동기의 부분 부하시의 효율을 이용하여 플랜트의 연간 에너지 소모량이 구해지게 된다.

4.1.3 정밀시뮬레이션방식 (Detailed Simulation Method)

정밀 시뮬레이션방식에 의한 건물에너지분석방법은 기본적으로 축열체 내에서의 열전달을 컴퓨터를 이용하여 비정상상태의 동적 열전달로 해석, 계산하는 방식이다. 내부 발열부하가 매우 높은 상업용, 산업용 건물의 연간 에너지 소모량을 비교적 정확히 예측하기 위하여는, 건물의 부하를 구성하는 광범위하고 꾸준 임없이 변하는 건물의 내적, 외적 인자로 인해 시간별 부하 패턴을 매일에 대해 일년 동안 평가해야만 한다.

이 방법을 적용하기 위한 건물의 에너지 해석용 수학적 모델에는,

- 1) 건물구조체의 열적 반응 (부하모델)
- 2) 공기조화 분배시스템의 열역학적 반응 (시스템 모델)
- 3) 일차적 에너지 변환 기기에서의 부하와 에너지 소모 간의 수학적 관계 (플랜트 모델)등이 있어야 한다.

대규모 상업용 또는 산업용 건물에서는 일년내내 냉방부하만 있는 내부존 (internal, cooling-only zone)이 존재하며, 냉방부하가 실내·외 기온의 차이에 정비례하지 않으므로, 다른 에너지 해석 방식이 적용되어야만 한다. 대규모 건물 내의 다양한 부하간의 상호 관련과 패턴, 이에 따른 연간 에너지 소모량의 예측은 정밀 시뮬레이션 방식 없이는 불가능하다. 그러나 정밀 시뮬레이션 방식은 비용이 많이 들고 복잡한 입력 데이터를 준비하여야 하는 불편함이 있다.

4.2 외기냉방 해석 프로그램의 선정

국내에서 소개된 에너지 해석 프로그램은 응답계수법(Response Factor Method)을 이용한 DOE-II와 HASP/ACLD-8001이 있으며, 확장 디그리데이법을 이용한 Method 5000, 수정빈 방법을 이용한 Trakload, KGES 등이 있다.

에너지 해석 방법의 고찰에서 살펴 본 바와 같이 다양한 해석 방법이 존재하지만 본 연구의 목적에 합당한, 즉, Economizer 해석이 가능한 프로그램은 응답계수법(Response Factor Method)을 이용한 DOE-II 또는 HASP를 이용할 수 있으나 이용이 불편하며 막대한 시간이 소요됨으로 사용하지 않았으며, 확장 디그리데이법은 Economizer의 해석이 불가능하여 이용할 수 없으며, 수정빈 방법을 해석의 기본 이론으로 채택한 Trakload 계열의 프로그램을 이용하도록 하였다.

이중 BECS는 중앙대와 서울대 환경 연구실에서 공동으로 개발한 것으로 Economizer 해석이 가능하고 사용이 편리하여 본 연구에 활용하였다.

4.3 BECS 프로그램의 알고리즘

4.3.1 시스템 공통의 전처리 계산 알고리즘

에너지 해석 방법은 공조시스템에 따라 다르지만 크게 구분하여 주로 내주부를 포함한 전체를 대상으로 하는 중앙식 HVAC시스템과 외주부 등의 부분적인 구역을 대상으로하는 존 HVAC시스템으로 구분할 수 있다. 국내의 건물에 적용되는 공기조화 시스템은 다양하지만 백화점에서는 비교적 단순한 중앙식 HVAC 시스템인 정풍량방식(CAV)과, 존 HVAC시스템인 VAV를 적용하여 검토하였다.

① 공급 공기량 결정

냉방시 현열 부하에 대응하는 공기량은 다음과 같이 계산된다.

$$\text{공급공기량} = \frac{\text{현열냉방부하}}{\text{공기의 밀도} \times \text{비열} \times 60 (\text{SMRSETPT} - \text{CLDSUPT})}$$

여기서, SMRSETPT = 여름철 존 설정온도

CLDSUPT = 공급 냉풍의 최소온도

마찬 가지로 현열 난방부하에 대응하는 공기량 계산은 다음과 같다.

$$\text{공급공기량} = \frac{\text{현열냉방부하}}{\text{공기의 밀도} \times \text{비열} \times 60 (\text{HOTSUPT} - \text{WTRSETPT})}$$

여기서, WTRSETPT = 겨울철 존의 설정온도

HOTSUPT = 공급 온풍의 최소 온도

공급 공기량은 두 양을 상호 비교하여 큰 값으로 결정한다.

② HVAC 스케줄 결정

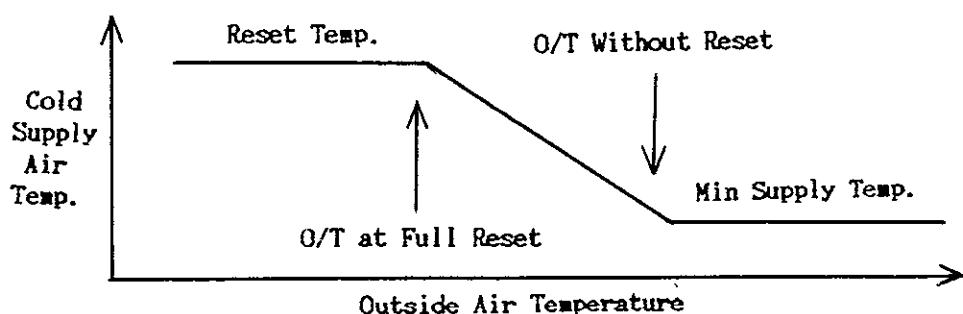
HVAC 시스템은 건물이 사용되지 않는 시간에는 에너지의 소비가 없으므로 건물의 점유 시간과 비점유 시간 입력하여 에너지의 소모량을 결정한다. 따라서 본 연구에서도 프로그램에 건물 사용 스케줄이 입력되도록 하며, 부하 계산에 사용된 스케줄을 시스템에서 물려 받을 수 있도록 한다.

③ 공급 냉풍의 온도 결정과 습구 온도 결정

냉방시 냉각 쿄일의 최저 공급온도는 13°C로 하고 겨울철 난방시에는 난방코일의 최고 공급 온도는 43°C로 하였다. 습구온도는 공급 최소 습도를 결정하는데 이용된다.

④ 외기온의 Reset 설정

외기온은 수시로 변경되므로 외기온이 크게 하강하고 상승하는 경우에 에너지를 절약하고 거주자에게 냉반방 충격을 덜기 위하여 리셋 옵션을 선택할 수 있도록 하였다.



(그림 4.3.1) 외기온의 Reset 설정

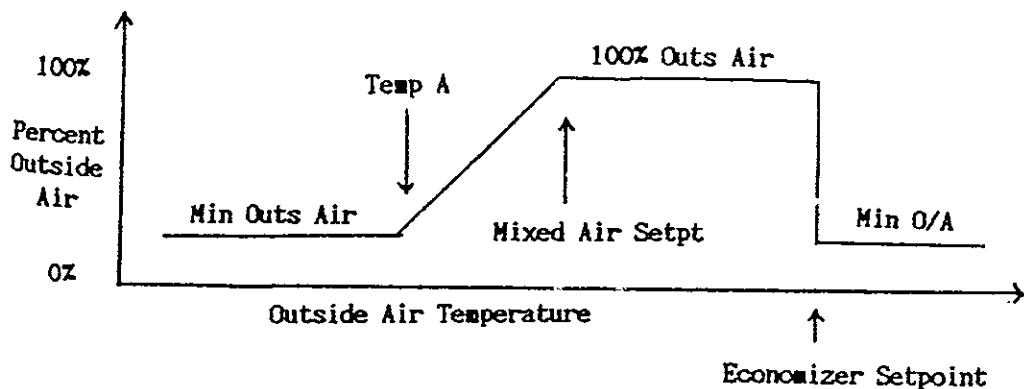
⑤ 판별장치의 Reset 설정재 설정

외기온의 Reset 설정과 마찬가지로 중앙공조 시스템에서 Reset 옵션을 설정할 수 있도록 하였다. 판별장치 Reset 옵션은 최소 온도와 외기의 Reset 온도 사이의 공급온도를 다음과 같이 결정 한다.

$$\text{공급온도} = \text{존의 설정온도} - \frac{\text{전체 현열부하}}{\text{밀도} \times \text{비열} \times 60 \times \text{존에 필요한 공기량}}$$

⑥ 예열 코일과 이코노마이저

예열코일은 중앙 공조 시스템에서 차가운 기후 동안에 신선한 외기를 도입할 경우 냉각 코일의 동결을 막기 위하여 사용된다.



(그림 4.3.2) Economizer을 채택한 경우 외기의 양

Economizer은 모든 중앙 공조 시스템과 단위 공조기에 사용되는 것으로 온화한 기후 동안에 “자연 냉방”을 하여 에너지를 절약하기 위하여 채택되고 있다.

⑦ 증발 냉각과 열교환

증발 냉각기를 사용할 경우에 냉각기의 효율에 따라 공급 공기의 온도와 습도는 다음과 같이 계산된다.

$$\text{냉각기의 건구온도} = \text{외기의 건구온도} - (\text{외기의 건구온도} - \text{냉각기의 습도}) \times \text{증발기의 효율} / 100$$

$$\text{냉각기의 습도} = \text{외기의 습구온도} + (\text{냉각기의 건구온도} - \text{외기의 건구온도}) \times 0.000226$$

열교환기는 난방시 외기온도가 난방 개시 최고 온도보다 낮을 때 사용되는 것으로 외기를 리턴 공기로 예열 시키는 역할을 한다.

$$TEXCH = TOUT + \frac{TRET - TOUT}{2 - EXHAIR / (OUTAIR - EXHAIR)} \times \frac{EXHCHEFFCY}{100}$$

여기서, TEXCH : 열교환기를 통과하는 공기의 온도

TOUT : 외기의 건구온도

TRET : 리턴 공기의 온도

EXHCHEFFCY : 열교환기의 효율

EXHAIR : 촌에서의 배출공기량 합계

OUTAIR : 신선 외기의 도입량

4.3.2 Fan, 냉동기, 보일러의 정격출력

1) Fan

여기서는 급기, 배기 팬 형식과 “cfm” 결정, 풍량조절, 팬의 정압 감쇄와 효율 결정, 팬의 용량 계산, 시스템에서 필요한 공기량 결정, 냉, 난방 코일의 용량 산정 등을 계산한다.

① 팬의 용량과 풍량 여유율

팬이 담당하는 풍량은 부하에 따라 결정된 필요 공기량을 합하고 덕트에서의 누기율과 여유율에 따라 다음식과 같이 결정된다.

$$\text{FANFLOW} = \frac{\text{SUM(ZONEFLOW)}}{1 - \text{DUCTLKG}/100} \times (1 + \text{FANOVSIZ}/100)$$

여기서, ZONEFLOW : 부하에서 계산도니 필요 공기량

FANFLOW : 금기와 배기팬의 풍량

FANOVSIZ : 팬의 여유율(%)

DUCTLKG : 덕트에서의 누기율(%)

② 팬의 형식과 효율

팬의 종류에 따른 효율은 ASHARE SP-41 Report가 제공한 값을 사용하였다.

③ 팬의 소비전력

팬의 소비전력은 다음과 같아 계산된다.

$$\text{팬의 소비전력} = 0.746 \times \text{BHP} / (\text{모터와 팬의 효율})$$

$$\text{BHP} = \text{팬의 정압} \times \text{팬의 풍량} \times 0.000157$$

④ 시스템에서의 최소외기 도입율

외기를 도입함에 있어 Economizer의 선택없이 최소 외기 도입율의 결정은 다음과 같다.

시스템에서의 최소외기 도입율

$$= \frac{\max [\sum(\text{EXHAIR}), \sum(\text{NUMOCC} \times \text{MINAIR})]}{\text{MAXSUPAIR} \times (1 - \text{덕트에서의 누기율}/100)} \times 100$$

여기서, EXHAIR : 각 존에서의 배출 공기량

NUMOCC : 건물 점유시간 동안의 사람수

MINAIR : 각 존에서의 성인 1인당 최소 외기 도입량

MAXSUPAIR : 모든 존의 최대 공급 공기량 누계

2) 냉동기의 정격출력

냉동기의 용량을 구하기 위해서는 먼저 냉각코일의 최대부하를 다음 식으로 구한다.

$$\begin{aligned} \text{CLGCOIL} = & 3.6 \times \text{SUPAIR} \times \text{RHO} \times (\text{CP} \times (\text{TMIX} - \text{TSUP}) + \max(\text{WMIX} - \text{WSUP}, 0) \\ & \times \text{LATHEAT}) + \text{SUPFANKW} \times 1,000 \times \text{DUCTAREA} \times (\text{TSUP} - \text{TOUT}) \times /5 \\ & (1.0 + \text{INSLRES}) \end{aligned}$$

여기서, SUPAIR : 최대 공급 공기량

RHO : 공기의 밀도

CP : 공기의 비열

TMIX : 설계조건에서의 혼합공기온도

TSUP : 공급 공기의 온도

WMIX : 설계 조건에서의 혼합공기의 절대습도

WSUP : 공급 공기의 절대습도

LATHEAT : 수분의 증발잠열

SUPFANKW : 급기팬의 정격출력

DUCTAREA : 턱트의 총 면적

INSLRES : 턱트 단열의 열저항

이상에서 계산된 냉각코일의 최대부하를 근거로 냉동기의 정격출력을 산정하는 식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{냉동기의 정격출력} = & (1 + \text{냉동기용량의 설계위험율}/100) \times \text{냉각코일의} \\ & \text{최대부하}/3,517 \text{ (TON)} \end{aligned}$$

3) 보일러의 정격출력

보일러의 용량을 구하기 위해서는 먼저 다음 식에 의해 가열 코일의 최대부하

를 구한다.

$$\begin{aligned} \text{가열코일의 최대부하} &= \max(\text{최대현열 난방부하의 합}, \text{pickupId}) + 3.6 \times \\ &\quad \text{SUPAIR} \times \text{RHO} \times \text{OAIR} \times (\text{평균 실내설정온도} - \text{설계} \\ &\quad \text{외기온도}) \times \text{CP} + ((\text{평균실내습도} - \text{설계외기온도}) \\ &\quad \text{공기의 짐열}) - \text{급기팬의 정격 출력} \times 1,000 + \text{덕트의} \\ &\quad \text{총 면적} \times (\text{설계급기온도} - \text{설계 외기온도}) \times \\ &\quad 0.5 / (1 + \text{덕트 단열의 열저항}) \end{aligned}$$

이상에서 계산된 가열 코일의 최대부하를 근거로 보일러의 정격출력을 산정하는 식은 다음과 같다.

$$\text{보일러의 정격출력} = (1 + \text{보일러 용량의 설계 위험율}/100) \times \text{가열코일의} \\ \text{최대부하}$$

4.3.3 플랜트 에너지 소비량 산정

본 프로그램에서는 플랜트의 에너지 소비량을 열원기기의 용량과 기온의 변화 및 부분부하율의 변수로 계산한다. 이때 열원기기의 용량은 기존 건물의 경우에는 이미 설치된 기기의 실제 용량을 변수로 사용하고 신축건물의 경우에는 앞에서 살펴본 플랜트의 용량 산정을 통하여 계산된 값을 사용하도록 한다.

1) COOLING PLANT의 에너지 소비량

건물의 냉방을 위하여 냉방 플랜트에서 소비되는 에너지는 다음과 같이 구할 수 있다.

냉동기의 정격출력 / 냉동기의 성적계수 × 기기 용량 의존율 × 냉동기의 부분부하 효율곡선 (TON)

2) HEATING PLANT의 에너지 소비량

HEATING PLANT의 에너지 소비량(HTGDEM)은 다음과 같이 각 요소합과 같다.

$HTGDEM = \text{난방에너지 소비량} + \text{예원에너지 소비량} + \text{가스 에너지소비량} +$
 $\text{흡수식 냉동기의 가동에 따른 에너지소비량} + \text{급탕용 에너지소비량}$

이상과 같은 에너지 요구량을 보일러의 효율과 용량에 따라 난방에너지 소비
량으로 구하면 다음과 같다.

$$\text{난방에너지 소비량} = (\text{HTGGCAPOUT} / \text{HTGEFF}/100) \times \text{PLEFF}$$

여기서, HTGGCAPOUT : 보일러의 정격 용량

PLEFF : 보일러의 부분부하 효율곡선

제 5 장 외기냉방 절약효과 시뮬레이션

5.1 모델설정 및 설계조건

5.1.1 모델 선정

1) 모델 설정 배경

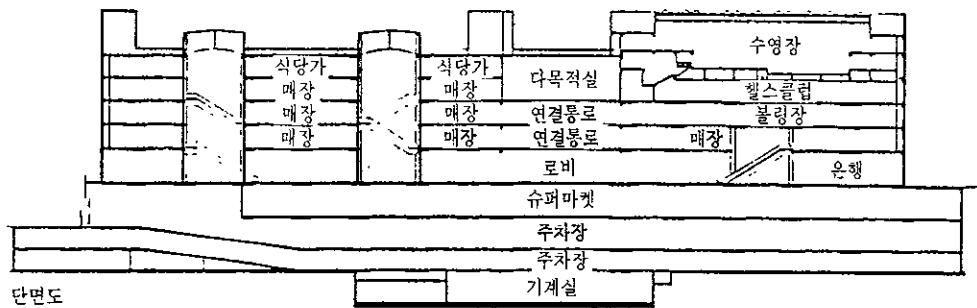
S.P백화점은 서울시 서초구 서초동 산 192-4번지에 위치한 중심가 및 교외도 아닌 근래에 준공된(1989년) 보편적인 백화점(매장과 스포츠시설을 겸비함)으로 주위에는 대규모의 아파트의 주거단지와 병원이 가깝게 배치되어 있어 새로운 쇼핑명소로 부상하고 있다. 이 백화점은 단일 건물내에 균린 생활시설과 금융, 병원, 식당가, 스포츠시설, 슈퍼마켓, 문화행사를 위한 다목적홀 등을 수용하고 있다. 특히, 두개로 분절된 매장동과 스포츠동을 잇는 연결통로 및 보이드 공간의 공조설비는 연중으로 열적변화가 많은 장소임을 감안하여 공조설정에 유의하여야 한다.

따라서 본 연구에서는 BIN기상 자료 및 열부하산정 프로그램의 적용 가능성과 활용방안을 검토하기위해 실제 서울지방에 위치한 직사각형 건물의 기준층을 모델공간으로 설정하여 열부하산정을 하였다.

2) S.P 백화점의 현황

111 설비기술 “백화점 기계설비 설계 개요” 삼풍백화점 1990.12 PP12-25

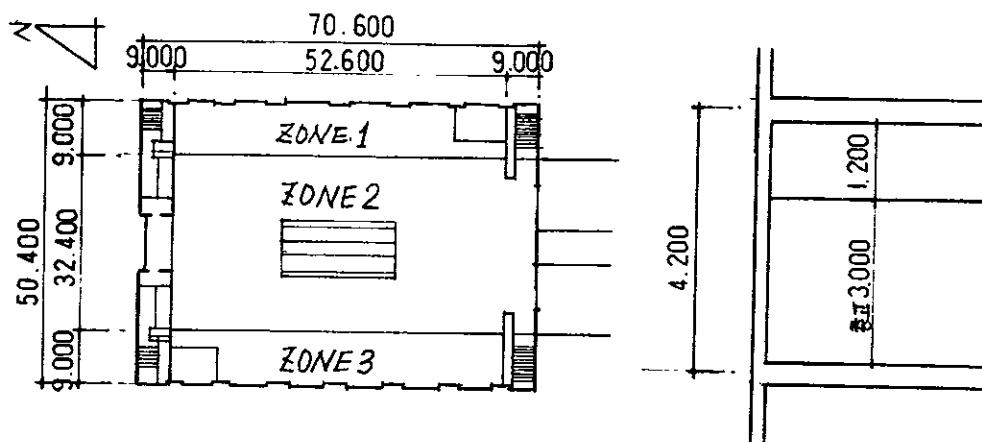
지하 1층 - 9,599 m² 2층 - 13,820 m²
 3층 - 13,820 m² 4층 - 1,930 m²



(그림 5.1.1) S.P 백화점의 단면도

3) 모델 공간의 평면 및 단면도

매장의 남, 북측은 코어가 배치되고 동, 서방향의 외벽으로부터 9M구간을 외주 부로하여 동절기에 월MING업 할 수 있도록 존을 나눴다. 내부측은 정풍량방식으로서 CAV유니트을 설치하고, 외주부측은 가변풍량방식인 VAV유니트를 설치했다. 특히, 엔탈피센서 제어에 의한 동절기, 하절기, 중간기에 따른 외기냉방을 검토하여 존을 설정했다.



모델 평면도

모델 단면도

(그림 5.1.2) 모델공간의 평면 및 단면

<표 5.1.1> 모델공간의 개요

구 분	바닥면적(M^2)	벽 면 적(M^2)	유리문 면적(M^2)	존 체적(M^3)
전체 존 면적	3,558	-	-	
공 조 면 적	2,832	-	-	
ZONE 1 (동쪽)	473.4	296.52		1420.2
ZONE 2 (내부존)	1,995.8	239.8	32.4	5988
ZONE 3 (서쪽)	473.4	296.52		1420.2

5.1.2 모델 공간의 조건

모델공간의 위치는 서울지방(북위 37.5° 경도 127.5°)으로 설계조건 및 기준은 S.P 백화점의 설계기준에 따라 다음 <표 5.1.2> ~ <표 5.1.9>와 같이 나타내고 있다. 여기서, 기상 조건은 서울 BIN DATA를 이용했고, 여름 외기온도는 최대 냉방온도, 겨울의 외기온도는 최대 난방온도로 설계과정시 입력된다. 설계 냉, 난방기간은 중간기로 설정해 기후 조건에 따라 냉방 및 난방을 할 수 있게 설정했다. 세부적인 입, 출력 데이터는 아래와 같다.

〈표 5.1.2〉 공조운전 시간

설계 냉, 난방 기간	공조 윤전 시간
- 냉방 기간 : 중간기	- 평일, 토요일 : 10시 - 20시
- 난방 기간 : 중간기	- 일요일 : 10시 - 19시

〈표 5.1.3〉 외기온습도 조건

구 분	건구 온도	습구 온도	상대 습도	절대 습도
여름	31.1°C DB	25.8°C WB	66% RH	0.0188 Kg/kg
겨울	-11.9°C DB	-	69% RH	0.0009 Kg/kg

〈표 5.1.4〉 실내온습도 조건

용 도	건구온도	상대습도	절대습도
매장(상, 중, 하) 슈퍼 헬스크럽, 식당	여름 26°C 중간기 23°C 겨울 20°C	50% 50% 40%	0.012 Kg/kg 0.006 Kg/kg
사무실, 휴게실 작업실, 훌	여름 26°C 겨울 20°C	55% 40%	0.0115Kg/kg 0.006 Kg/kg

〈표 5.1.5〉 시간당 환기횟수

구 분	환기 횟수
1인당 도입 외기량 침기 횟수	15 - 20 M ³ /h 0.5 회/h

<표 5.1.6> 내부 부하 조건

구 분	인원 (인/ M^2)	조명 (W/ M^2)	기기발열 (W/ M^2)	인체발열 (Kcal/ M^2)	
				현 열	잠 열
매장(상, 중, 하) 슈퍼 헬스크럽, 식당	0.5	70	30	56	46
사무실, 휴게실 작업실, 홀	0.2	40	20	49	53

<표 5.1.7> 외벽 구조별 부하준비자료

형 태	색 상	냉방 U 값	난방 U 값
01	어두운 색	0.5	0.5

<표 5.1.8> 유리문 구조별 부하준비자료

형 태	유리문 면적 (M^2)	(열관류율) 냉방 난방	차 폐 계 수
01	32.4	2.7 2.7	0.60

<표 5.1.9> 구조체 열 관류율 값

구조체	재료명	두께(M)	열전도율 (kcal/h.m. °C)	열관류율(U값)
외 벽	외 표면		19.53	
	보통콘크리트	0.100	1.410	
	아이소월	0.052	0.030	0.50
	모르타르	0.040	0.930	
바 닥	내 표면		7.129	
	외 표면		0.930	
	모르타르	0.024	0.160	
	리놀륨	0.003	1.410	1.97
	보통콘크리트	0.300	7.964	
내 벽	내 표면			
	외 표면		19.53	
	모르타르	0.018	0.930	
	보통벽돌	0.200	0.530	1.44
	모르타르	0.018	0.930	
	내 표면		7.129	

5.2 외기냉방 시뮬레이션

5.2.1 외기냉방의 적용에 따른 에너지절약

서울시에 위치한 S.P 백화점의 기본 모델로 삼아서, 각 존별 실내발생열에 따른 수정빈법을 이용한 열부하산정 프로그램을 이용해 산정하였고, 건물사용 스케줄에 따라서 점유시간과 비 점유시간으로 나누어 외기 건구온도 빈도수에 따라 각 존의 시스템의 빈별부하율을 산정하였다.

외기냉방시 분석한 내용은 존별 최대 냉·난방부하, 공조방식에 따른 시스템별 부하, 월별 플랜트 소모 에너지량을 산출하였다. 시뮬레이션은 5장1절에서 모델 공간의 조건에 따라 입력하였으며, 실내 이용률을 사람 80%, 조명 및 기기 발열 100%로 설정하고 외기냉방시의 설정온도를 18.3°C(65°F)로 하여 산출하였다.

본 연구는 외기냉방을 채용한 시스템과 외기냉방을 채용하지 않은 시스템간의 에너지 소모량을 정량적으로 평가하여 외기냉방을 했을때 냉방부하가 얼마나 감소하는지 성능을 평가하였다.

1) 존별 최대 냉·난방 부하

존에 따라 최대 냉·난방 부하 계산시에 고려할 부하요소는 창을 통한 일사열 부하, 벽체의 전도열 부하, 내부발열부하(사람, 조명, 각종기기 등), 침기부하, 존별 부하 등이 있다.

존별 최대 건물에 의한 냉·난방부하를 분석해 본 결과 아래와 같이 산출되었다.

① 난방부하

공조시스템에 의한 존을 내부존과 동, 서쪽존으로 나누고 모델 총 연면적이 $3,558\text{m}^2$ 로서 내부존이 $1,995.8\text{m}^2$ 이고, 동서쪽 존이 각각 473.4m^2 로서 존에 따른 최대 냉·난방 부하를 계산하면 다음과 같다. 여기서 백화점의 특성상 창문이 없

기때문에 유리문에 의한 일사열은 매우 작게 나타났으며, 촌별 총 부하에 따른 난방부하는 75.8KW로 백화점에서의 일사열부하나 관류 열부하는 실내 발생열부하에 비해 작게 나타났다.

〈표 5.2.1〉 촌별 최대 난방 부하

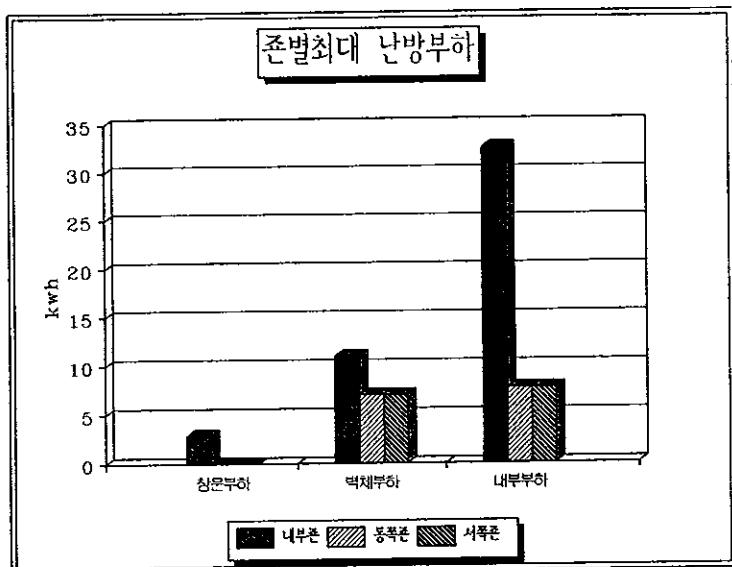
촌 별	창문을 통한 일사열 부하	벽체의 일사열 성분 관류열 부하	내부 전체부하	촌별 총부하
내부촌	2.8	11	32.6	46.4
동쪽촌	0	7	7.7	14.7
서쪽촌	0	7	7.7	14.7
합 계	2.8	25	48.1	75.8

② 냉방부하

냉방부하의 경우, 실내의 사람, 조명, 각종기기에 의한 발열때문에 난방부하보다는 냉방부하가 상당히 많이 나타난 것을 알 수 있었으며, 조명부하는 내부전체에 비해 50%정도 차지해 조명부하가 상당히 크게 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

〈표 5.2.2〉 냉방부하(현열 + 잠열)

촌 별	창 문	벽 체	사 람	조 명	침 기	내부 총부하
내부촌	4.1	0.8	101.8	139.7	26.4	272.9
동쪽촌	0	0.5	24.2	33.1	6.2	64.1
서쪽촌	0	0.5	24.2	33.1	6.2	64.1
합 계	4.1	1.8	150	204.9	38.8	401.1



(그림 5.2.1) 존별 최대 냉방부하

2) 시스템 부하

모델건물의 공조방식은 내주부를 CAV로 하고 외주부를 VAV로 처리하는 보편적인 백화점 공조방식을 택하였으며, 외기냉방의 설정점 온도를 18.3°C로 최저 공급공기 온도는 12.7°C, 최고 공급공기 온도는 43.3°C로 외기냉방을 했을때에 따른 시스템의 월별 냉·난방 부하는 다음과 같이 산출되었다.

① 비 외기냉방시

외기냉방을 하지 않았을때 냉방부하량은 788,138KWH이고, 난방부하는 8,462KWH로서, 난방부하는 냉방부하량의 1.1%정도로 냉방부하가 거의 대부분을 차지하고 있었다.

〈표 5.2.3〉 비 외기냉방시 냉·난방부하

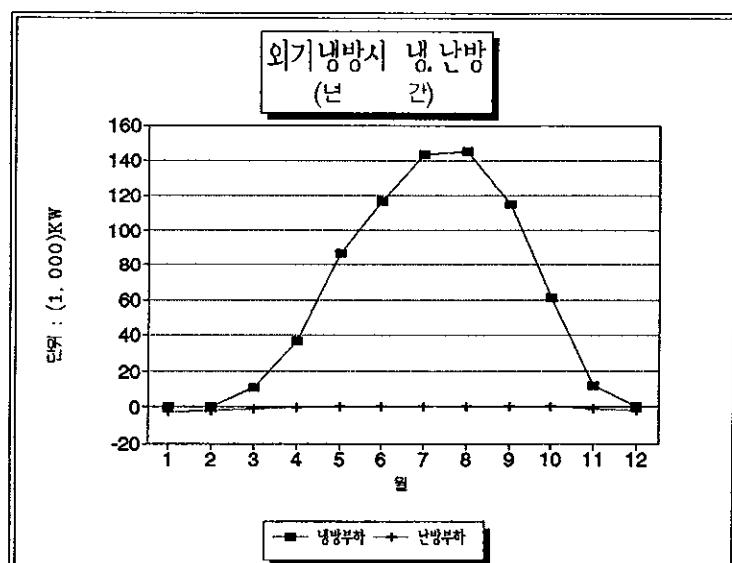
월	냉방부하		난방부하	합계
	1 번존	2 번존		
1	0	0	-2,576	-2,576
2	0	0	-1,867	-1,867
3	13,106	6,612	-891	18,827
4	34,399	18,374	-182	52,591
5	61,385	34,141	-13	95,513
6	75,391	41,782	0	117,173
7	93,080	50,382	0	143,462
8	94,617	50,935	0	145,552
9	74,439	41,606	0	116,045
10	48,396	26,559	-93	74,862
11	14,949	7,778	-776	21,951
12	141	66	-2,064	-1,857
합계	509,903	278,235	-8,462	779,676

② 외기냉방을 했을시(설정점 온도 18.3°C)

외기냉방시 시스템 총 냉방부하는 729,075KWH이고 난방부하는 -9,037KWH로써, 난방부하는 냉방부하의 1.2%이며 냉방부하는 720,058KWH로 나타났다.

<표 5.2.4> 외기냉방시 냉·난방 부하

월	냉방부하		난방부하	합계
	1 번존	2 번존		
1	0	0	-2,681	-2,681
2	0	0	-1,962	-1,962
3	7,999	2,740	-982	9,757
4	25,020	11,577	-239	36,358
5	56,369	30,639	-26	86,982
6	75,248	41,691	0	116,939
7	93,080	50,383	0	143,463
8	94,616	50,935	0	145,551
9	74,224	41,470	0	115,694
10	40,254	20,850	-123	60,981
11	8,664	3,249	-855	11,058
12	75	12	-2,169	-2,082
합계	475,549	253,546	-9,037	720,058



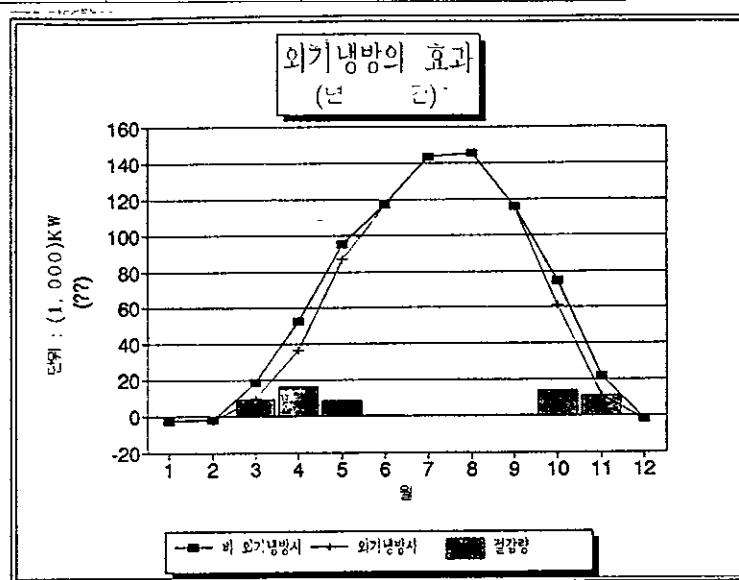
(그림 5.2.2) 외기냉방시 냉·난방부하

③ 외기냉방시 절약 효과

외기냉방을 했을때와 하지 않았을때의 냉방부하 절감효과를 비교해 보면, 하지 않을시 총 냉방부하량이 779,676KWH이고 외기냉방을 했을때 냉방부하는 720,083KWH로써 냉방부하가 59,618KWH정도인 8.3%정도 감소된 절감효과가 있다.

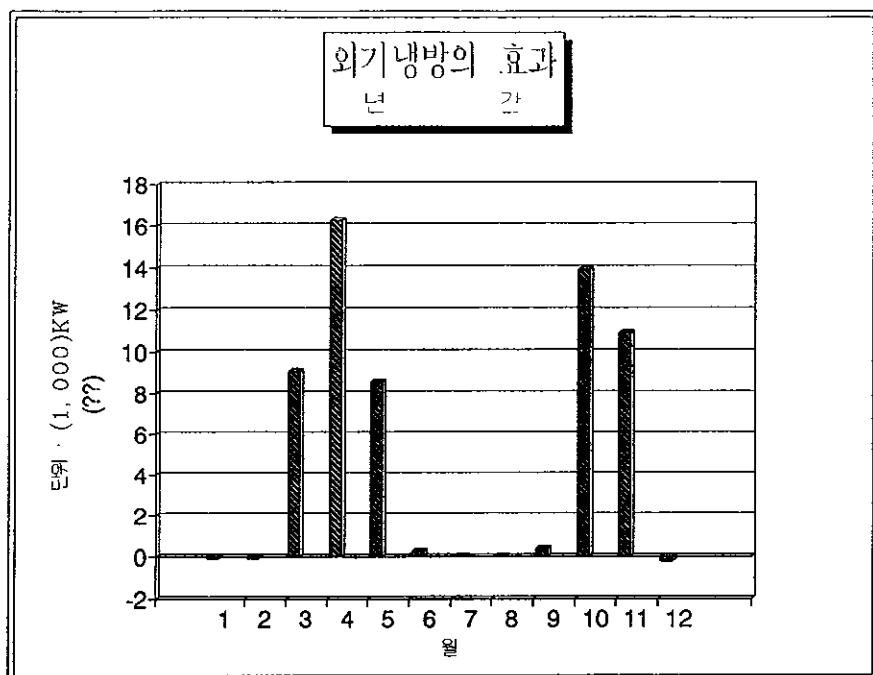
<표 5.2.5> 외기냉방을 했을때의 효과

구분 월	비 외기냉방시 합 계	외기냉방시 합 계	절감량
1	-2,576	-2,681	105
2	-1,867	-1,962	95
3	18,827	9,757	9,070
4	52,591	36,358	16,233
5	95,513	86,982	8,531
6	117,173	116,939	234
7	143,462	143,463	-1
8	145,552	145,551	1
9	11,645	115,694	351
10	74,862	60,981	13,881
11	21,951	11,058	10,893
12	-1,857	-2,082	225
합 계	779,676	720,058	59,618



(그림 5.2.3) 비 외기냉방에 따른 외기냉방의 절감량

월별 외기냉방의 효과를 보면 중간기인 3월, 4월, 5월, 10월, 11월에서 절감 효과를 보였으며, 가장 효과를 보인 달은 4월로 전체 절감량의 약 28%를 차지하고 있었다.



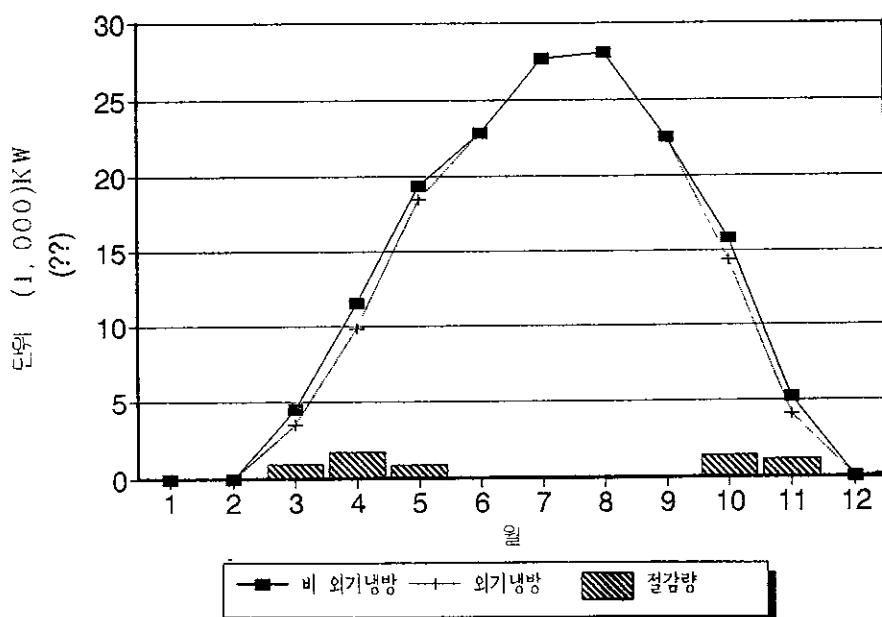
(그림 5.2.4) 월별 외기냉방 효과

3) 월별 냉·난방 플랜트 소모에너지

플랜트 부하는 월별 냉방 플랜트의 소모에너지 따라 냉방열원기기(송풍기), 냉각탑(냉동기), 냉각수 펌프(보일러)의 소모에너지량이 계산되며, 난방 플랜트 소모에너지에 따라 난방열원기기와 난방펌프의 소모에너지량을 산출하며, 특히, 비외기냉방시와 외기냉방시의 냉방열원기기를 보면 외기냉방시 157,535kw이고 비외기냉방시 151,332kw로 외기냉방시 펜에 의한 소모량이 6,203kw정도 더 많은 것으로 나타나 냉동기전력의 절감을 가져올 수 있다.

〈표 5.2.6〉 월별 냉·난방 플랜트 소모에너지

구분 월	비 외기냉방시		외기냉방시	
	냉방열원기기	난방열원기기	냉방열원기기	난방열원기기
1	0.0	16,131.5	0.0	16,262.6
2	0.0	13,966.9	0.0	14,085.0
3	3,572.3	12,344.3	4,508.3	12,458.4
4	9,852.8	7,201.0	11,550.0	7,271.8
5	18,456.3	1,563.5	19,354.9	1,579.2
6	22,780.7	0.0	22,805.7	0.0
7	27,635.6	0.0	27,635.6	0.0
8	28,077.0	0.0	28,077.0	0.0
9	22,524.0	0.0	22,561.5	0.0
10	14,329.4	3,822.2	15,789.5	3,859.9
11	4,067.8	10,625.7	5,203.5	10,723.8
12	36.3	15,467.2	48.8	15,598.0
합 계	151,332.2	81,122.3	157,534.6	81,838.6



(그림 5.2.5) 냉방 플랜트 소모에너지

5.2.2 실내 발열 조건에 따른 에너지절약

실내 발열 조건 즉, 백화점 내부의 인체발열과 조명에 의한 발열 및 각종 기기류의 발열량을 100%발열시, 80%발열시, 60%발열시에 따라 외기냉방시 효과를 알기 위하여 조건을 주어 시뮬레이션 한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

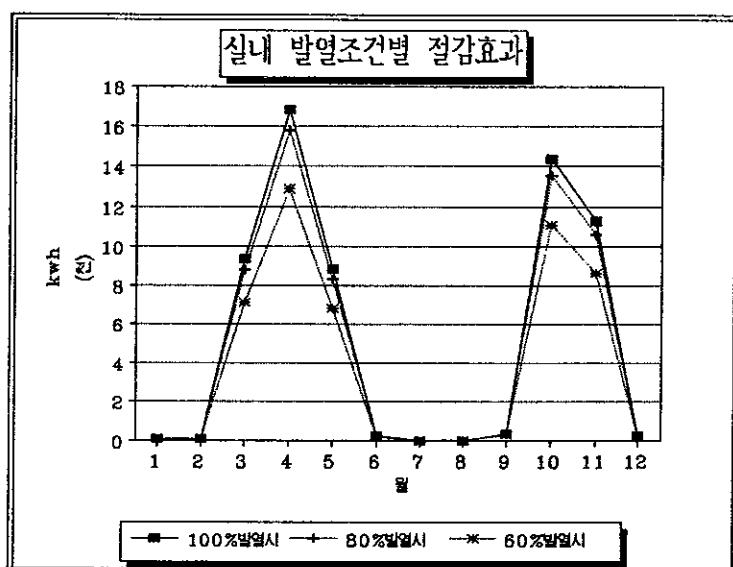
<표 5.2.7> 내부 발열 조건에 따른 냉·난방부하

구분 월	100%발열시		80%발열시		60%발열시	
	비 외기 냉방시	외기냉방시	비 외기 냉방시	외기냉방시	비 외기 냉방시	외기냉방시
1	-2,576	-2,681	-2,576	-2,681	-2,576	-2,681
2	-1,867	-1,962	-1,867	-1,962	-1,867	-1,962
3	19,246	9,847	18,018	9,268	11,819	4,685
4	54,382	37,544	49,427	33,604	33,463	20,562
5	100,896	92,026	85,341	77,003	60,324	53,481
6	124,744	124,510	102,351	102,120	75,844	75,654
7	152,407	152,407	125,571	125,571	97,843	97,843
8	154,321	154,321	128,048	128,048	100,433	100,432
9	123,952	123,588	100,447	100,103	73,747	73,458
10	78,187	63,686	69,083	55,522	47,672	36,547
11	23,211	11,135	21,129	10,505	13,962	5,283
12	211	-2,082	-1,865	-2,089	-1,934	-2,131
합 계	832,630	762,332	693,171	635,012	508,733	461,171

발열조건에 따른 외기냉방의 효과는 100%발열시에 61,837KWH, 80%발열시 58,159KWH, 60%발열시 47,560KWH로 각각 9.2%, 9.2%, 10.3% 정도의 효과를 보이고 있다.

〈표 5.2.8〉 발열 조건에 따른 효과

월	100%발열시	80%발열시	60%발열시
1	105	105	105
2	95	95	95
3	9,399	8,813	7,134
4	16,838	15,823	12,901
5	8,857	8,338	6,843
6	243	231	190
7	0	0	0
8	0	0	1
9	364	344	289
10	14,408	13,561	11,125
11	11,300	10,624	8,679
12	229	224	197
합 계	61,837	58,159	47,560



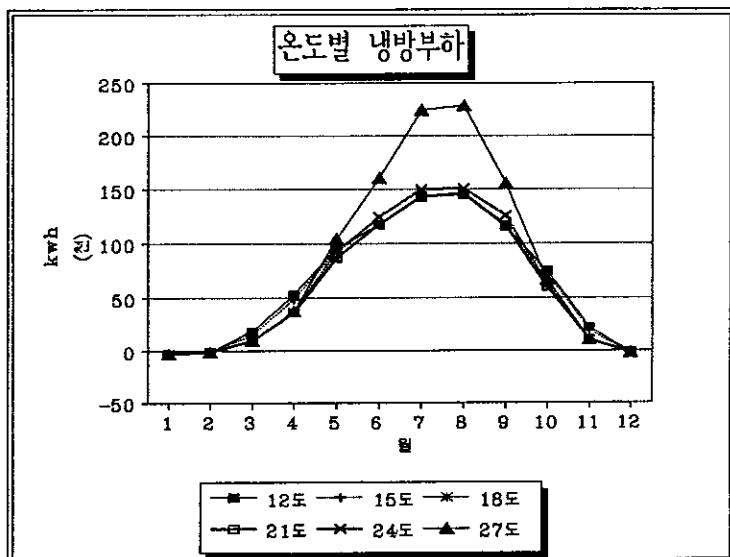
(그림 5.2.6) 발열 조건에 따른 효과

5.2.3 외기냉방 설정 온도에 따른 절약효과

외기냉방시 설정점 온도를 12°C, 15°C, 18°C, 21°C, 24°C, 27°C로 했을때에 따른 외기냉방의 효과를 파악하기위하여 시뮬레이션 한 결과 냉·난방부하의 합계는 다음과 같이 산출되었다.

<표 5.2.9> 온도별 냉·난방부하

월	12°C	15°C	18°C	21°C	24°C	27°C	비외기 냉방시
1	-2,681	-2,681	-2,681	-2,681	-2,681	-2,681	-2,576
2	-1,962	-1,962	-1,962	-1,962	-1,962	-1,962	-1,867
3	18,736	15,818	9,757	9,409	9,409	9,409	18,827
4	52,534	48,643	36,358	35,680	36,639	37,130	52,591
5	95,500	94,041	86,982	86,814	92,562	104,407	95,513
6	117,172	117,172	116,939	117,310	125,072	160,759	117,173
7	143,463	143,463	146,463	144,015	150,435	224,403	143,462
8	145,552	145,552	145,551	145,791	150,981	228,743	145,552
9	116,045	116,045	115,694	116,750	125,993	155,339	116,045
10	74,832	72,346	60,981	59,995	62,574	66,752	74,862
11	21,872	19,386	11,059	10,758	10,758	10,759	21,951
12	-1,962	-2,016	-2,082	-2,082	-2,082	-2,082	-1,857
합계	779,101	765,807	720,058	719,797	757,698	990,976	779,676

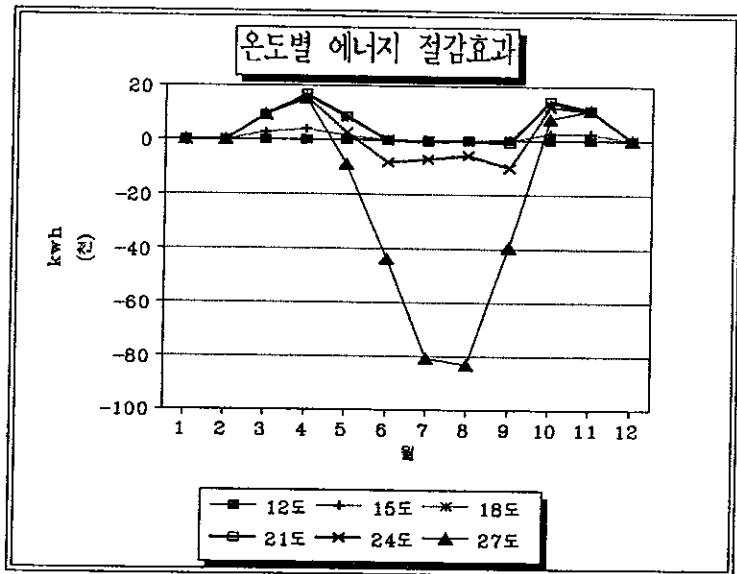


(그림 5.2.7) 외기냉방시 설정점 온도에 따른 냉·난방 부하

외기냉방의 설정점 온도에 따른 절감량은 12°C시 575KWH, 15°C시 13,869KWH, 18°C시 59617KWH, 21°C시 59,879KWH, 24°C시 21,978KWH, 27°C시 -211,300KWH이고, 각각의 절감율은 12°C시 0.1%, 15°C시 2%, 18°C시 8.3%, 21°C시 8.3%, 24°C시 3%, 27°C시 역효과로 나타났다. 이와같이 외기냉방시 18°C이하와 21°C이상에서는 외기냉방효과가 감소하는 것으로 나타나, 쾌적조건에 따라 실내외 온도차가 5°C 이상 차이가 날 때 외기를 받아들이는 것이 효과적이라고 볼 수 있다.

<표 5.2.10> 외기냉방시 온도별 절감 효과

월	12°C	15°C	18°C	21°C	24°C	27°C
1	105	105	105	105	105	105
2	95	95	95	95	95	95
3	91	3,009	9,070	9,418	9,418	9,418
4	57	3,948	16,233	16,911	15,952	15,461
5	13	1,472	8,531	8,699	2,951	-8,894
6	1	1	234	-137	-7,899	-43,586
7	-1	-1	-1	-553	-6,973	-80,941
8	0	0	1	-239	-5,429	-83,191
9	0	0	351	-705	-9,948	-39,294
10	30	2,516	13,881	14,867	12,288	8,110
11	79	2,565	10,892	11,193	11,193	11,192
12	105	159	225	225	225	225
합 계	575	13,869	59,617	59,879	21,978	-211,300



(그림 5.2.8) 외기냉방시 온도별 절감 효과

5.3 종합토의

대규모 백화점 건물은 대부분 실내환경을 전적으로 기계설비에 의존할 뿐만 아니라 다른 유형의 건물에 비하여 각종 내부 발생열이 매우 높기 때문에 이를 제거하기 위한 에너지 소비량이 날로 증가하는 추세에 있다. 이처럼 쾌적한 환경에서 근무나 판매할 수 있도록 과다한 실내 열부하를 감소시켜 주는 한편 에너지절약에 기여할 수 있는 백화점에 적합한 외기냉방 시스템을 적용하였다.

프로그램은 수정빈 방법을 해석의 기본 이론으로 선택한 Trakload 계열의 프로그램을 이용하였으며, 이중 BECS는 중앙대와 서울대 환경 연구실에서 공동으로 개발한 것으로 Economizer 해석이 가능하고 사용이 편리하여 본 연구에 활용 하였다.

특히, 백화점은 다양한 용도로 사용하고, 인체 및 조명 등 여러가지 변수가 많이 작용하기 때문에 모델건물을 선정하여 열부하를 산정하였으며, 모델 건물로는

S.P 백화점으로 중심가 및 교외도 아닌 근래에 준공된 매장과 스포츠시설을 겸비한 보편적인 백화점 건물로 연중으로 열적변화가 많은 곳이며, 실제 서울지방에 위치한 직사각형 건물의 기준층을 모델공간으로 설정하였다.

외기냉방의 시행시 고려하여야 할 사항으로는 환기팬등을 설치하여 전 외기운전을 할 수 있어야 하며, 외기냉방이 유효한 촌마다 공조계통을 분활하는 것이 바람직하다.

그리고, 외기냉방의 효과를 향상시키기 위하여 실내 온습도의 설정변경기능을 갖도록하여 쾌적성의 범위내에서의 허용폭이 있는 제어방식으로 함이 바람직하고, 전열교환기를 갖는 장치에 있어서 외기냉방을 할 때에는 송풍기 동력비를 경감할 수 있도록 해당 전열교환기를 BY - pass할 수 있는 닉트등을 설치하여야 한다. 또한, 동절기에 열회수가 필요할 때에는 외기냉방의 효과와 열회수효과를 비교 검토하여 에너지절약 효과가 큰쪽을 우선하여 운전하거나 경우에 따라서는 외기냉방과 열회수운전을 병행하는 것과, 야간의 기온 저하를 이용하여 저온 외기를 적극적으로 도입, 구조체에 냉열을 축열하고 주간의 냉방부하를 경감시킨는 방법도 고려함이 바람직하다.

공조설비계획상 고려해야할 사항은 전공기 방식을 적용하여 외기냉방이 가능하도록 시스템을 구성하고, 부하의 대부분이 냉방부하이므로 타용도의 건물보다 빠른 시기에 냉방운전으로 교체가 가능한 시스템을 선택한다. 그리고, 변풍량 방식(V.A.V)을 도입하여 부하특성에 알맞게 대응할 수 있도록 하며, 이용자수가 많아 필요외기량이 많으므로 열회수장치를 설치하여 에너지를 절약할 수 있도록 한다.

제 6 장 결 론

본 연구에서는 백화점의 설비계획에 있어서 외기냉방 시스템의 에너지 절약효과를 정량적으로 파악함으로써 에너지 다소비형 건물인 백화점에서 냉방에너지 절약을 적극적으로 유도하고 건물부분에서의 에너지의 효율적 이용을 도모하고자, 건물의 에너지성능을 분석할 수 있는 컴퓨터 프로그램 중 에너지절약 설계 기준 연구를 위해 개발된 BECS 프로그램을 이용하여 백화점건물에서의 외기냉방 시스템의 에너지절약효과를 시뮬레이션 하였다.

모델 건물 조건은 서울시에 위치한 S.P 백화점의 기본 모델로 삼아서 산정하였고, 각 존별 실내발생열에 따라 수정빈법의 프로그램을 이용하였으며, 건물사용 스케줄에 따라서 점유시간과 비 점유시간으로 나누어 각 존의 시스템의 빈별 부하을 산정하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 백화점건물에서의 외기냉방방식의 적용가능성을 검토한 결과, 백화점건물이 내부발생열이 타 용도의 건물에 비해 많고, 냉방이 주로 공조기를 이용한 공기식으로 이루어진다는 점에서 적용가능성이 매우 높은 것으로 나타났다.
2. 백화점 건물의 냉방부하를 구성요소별로 분류한 결과, 내부발생열에 의한 부하가 일사와 구조체관류에 의한 부하의 약 5.3배에 달해, 냉방부하의 대부분이 내부발생열에 의한 것으로 나타났다.
3. 년중 외기냉방에 의한 에너지 절감효과를 시뮬레이션한 결과, 중간기인 10월, 11월, 3월, 4월, 5월의 경우 외기냉방효과가 있는 것으로, 3월 약 9,070KWh, 4월 약 16,233KWh, 5월 약 8,531KWh, 10월 약 13,881KWh, 11월 약 10,893KWh의 절감효과가 나타났으며, 가장 효과적인 달은 4월로 전체절감량의 약 28%를 차지하고 있다.

4. 외기냉방 유무에 따른 에너지절약 효과를 시뮬레이션 한 결과, 비 외기냉방 시 냉방부하는 779,676KWh, 외기냉방시 720,058KWh로 냉방부하가 58,770KWh 감소되었다. 따라서 외기냉방을 했을 경우 전체 냉방에너지 중 약 8.3%의 절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

5. 실내발생열의 조건을 100%(832,630KWh), 80%(693,171KWh), 60%(508,733KWh) 일 경우로 나누어 외기냉방효과를 시뮬레이션 한 결과, 대상건물의 냉방부하는 100%일 경우 61,837KWh, 80%일 경우 58,1597KWh, 60%일 경우 47,560KWh로 각각 9.2%, 9.2%, 10.3% 정도의 절감효과가 있었다. 따라서, 내부발생열이 작을수록 에너지 절약효과는 크게 나타났다.

6. 외기냉방에 사용되는 도입외기의 설정온도를 12°C, 15°C, 18°C, 21°C, 24°C, 27°C이하로 변화시키면서 이에따른 외기냉방효과를 시뮬레이션한 결과, 각각 575KWh, 13,869KWh, 59,617KWh, 59,879KWh, 21,978KWh, -211,300KWh로 각각의 절감율은 12°C시 0.1%, 15°C시 2%, 18°C시 8.3%, 21°C시 8.3%, 24°C시 3%, 27°C시 역효과로 나타났다. 따라서, 외기냉방시 18°C~21°C 전후로 하는 것이 가장 효과적으로 나타났다.

본 연구는 일종의 사례연구로서 본 연구에서 파악된 외기냉방시스템의 에너지 절약효과는 기존 백화점의 설계도면을 대상으로 시뮬레이션한 결과이기 때문에 실제 에너지절약 효과와는 일부 차이가 있을 것으로 예상된다. 따라서 연구결과에 대한 신뢰도를 높이기 위해서는 앞으로 다양한 백화점 건물에 대한 시뮬레이션과 함께 실제 에너지 소비량의 차이는 현장에서의 측정하는 조사연구가 이루어져야 할 것이다.

■ 참고문헌

1. 건설부 “건축물 에너지 절약 설계기준 개선연구” 1993.6
2. 건축사협회 “에너지 절약형 건축설계 핸드북” 1권. 2권. 3권
3. 건축사협회 “에너지절약형 건축설계 핸드북” -판매시설편 1994. 3
4. 김승진 “건축물의 축열체가 냉방효과에 미치는 영향에 관한 기초적 연구”
서울대 박사논문 1989. 2
5. 김종연 “유리창이 사무소건물의 에너지 소비에 미치는 영향에 관한 연구”
중앙대 석사학위 논문 1993.6
6. 김영호, 장순익 공저 “건축설비” 음성문화사 1992. 1
7. 김영호 외, “신편 공기조화설비”, 보문당, 1993.
8. 기술문화사, “건축설계자료(백화점)”, 1985
9. 도서출판한미, “월간설비기술”, 도서출판한미, 1990. 12.
10. 박춘근, “건축계획각론”, 보성문화사, 1992.
11. 삼우설계 “에너지절약설계 기술개발 연구 보고서” (설비부분) 1992. 12
12. 월간설비기술 “성에너지와 환기” 1992, 9월호
13. 이광노외, “건축계획”, 문운당, 1990.
14. 이명근 “자연통풍에 의한 주거용건물의 냉방효과에 관한 연구”
연세대 석사학위논문 1986. 12
15. 이언구외, “건축환경과학”, 태림문화사, 1991. 3
16. 에너지 관리공단, “에너지 총조사보고서”, 1990.
17. 이상우외 “건축환경 계획론” 태림문화사 1993. 3
18. 연재진역 건축 설계 자료 집성 제1권
19. 조춘식 “수정 빙 방법에 의한 사무소 건물의 열 부하 해석에 관한 연구”
연세대 산업대학원 석사학위논문 1987.6
20. 정재영 “건물의 냉방부하 계산방법에 관한 연구와 비교” 중앙대 석사학위논문
-기계공학 1984. 12

21. 황정아, "백화점 규모계획에 관한 연구", 중앙대 석사학위 논문 1982.12
22. 공기조화·위생공학회편 "건축설비집성 5집" 상업시설 オーム社 1988.8
23. 공기조화·위생공학(일본), (백화점특집)
24. 일본공기조화위생공학회, 공기조화위생공학 편람, 제10판, 한미출판사, 1991
25. 일본건축학회, 건축설계자료집성
26. ASHRAE, ASHRAE HANDBOOK 1985 FUNDAMENTALS, 1985
27. 1993 ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTALS SI Edition
28. ASHRAE, Handbook of Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 1989.
29. Donald Watson, Energy Conservation Through Building Design, McGraw-Hill Book Company, 1979
30. Faye C. McQuiston, Jerald D. Parker "Heating, Ventilation & Air Conditioning" 1982.
31. FRED S. DUBIN, ENERGY STANDARD CONSERVATION MCGRAW-HILL Book Company 1982.
32. James Marston Fitch "Mechanical Equipment for Heating & cooling" 1972
33. Norbert Lecihner "Heating, Cooling, Lighting" New York A Wiley-literscience publication
34. Ottaviano "Energy management" 1985. 7
35. P.O. Fanger, Thermal Comfort, Danish Technical Press, 1970
36. Stein, B., et.al., Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, John Wiley and Sons. 1986
37. Szokolay, S., Environmental Science Handbook, The Conservation Press 1980
38. Victor Olgyay, Design with Climate, Princeton University Press, 1963
39. Watson, Donald, Energy Conservation Through Building Design McGraw-Hill, 1985

ABSTRACT

A Study on the Energy Saving Effect of the Economizer Cycle System in Department Stores

Yun, Ki-Man

Dept. of Architectural Engineering

The Graduate School of

Chung-Ang University

Advised by Eon-Ku Rhee, Ph.D.

Department buildings have such characteristics that the cooling load dominates loaded around the year because of a number crowd of shoppers and excessive lighting. To respond to the enormous cooling load effectively, however, appropriate air-conditioning system is necessary.

Recently, 'Economizer Cycle System' which utilies natural cooling effect by using cool outdoor air from late autumn to early spring, has been adopted to decrease the excessive cooling energy in department buildings.

However, under the insufficient quantitative basis on the energy-saving effect of Economizer Cycle System, most of domestic department buildings don't make use of it, while operating the cooling system around the year.

In this respct, this study aims to analyze quantitatively the energy-saving effct of Economizer Cycle System in department buildings.

First of all, to analyze the possibility of application of the Economizer Cycle System to department buildings, the architectural and

energy-consuming characteristics of department buildings and the theory of the Economizer Cycle System were investigated. In addition, the algorithm of BECS Program, which has been developed for the analysis of the energy performance of buildings, was studied.

Finally, computer simulation was carried out to analyze the energy-saving effect through the application of the Economizer Cycle System in a typical department building located in Seoul. On the basis of the simulation, the strategies for the cooling energy saving in department buildings together with the operation guidelines of the Economizer Cycle System were presented.

The results of this study can be summarized as follows.

1. In the respect of the feasibility of the Economizer Cycle System, department buildings have much advantage in that they have much more internal load than any other building type and their air-conditioning is usually made using all air system.
2. From the analysis of constituent units of cooling load in department buildings, internal load turned out to be about 5.3 times as much as solar incidence and structural load, which means that cooling load is largely made up of internally-generated heat.
3. As the results of the simulation on the yearly energy-saving effect of the Economizer Cycle System, the amount of monthly saved energy of October, November, March, April and May was respectively about 13,881 KWh, 10,893KWh, 9,070KWh, 16,233KWh and 8,531KWh. April proved to be the most effective month and took up about 28% of total amount of saved energy.

4. As the results of the simulation on the existence and nonexistence of the Economizer Cycle System, the cooling load of the model building with and without the Economizer Cycle System was respectively 720,058KWh and 779,676KWh. The amount of saved energy through the Economizer Cycle System was 58,770KWh which took up about 8.3% of total cooling energy.
5. Under the various conditions of the internally-generated heat such as 100%(832,630KWh), 80%(693,171KWh) and 60%(508,733KWh), the cooling load of the model building was respectively 61,837KWh, 58,157 KWh and 47,560KWh and the saving effect of each case was 9.2%, 9.2% and 10.3%. Thus the less the internal heat is, the more the energy saving effect is.
6. According to the setting temperature of incoming air, in case of below 12°C, below 15°C, below 18°C, below 21°C, below 24°C and below 27°C, the amount of saved everygy was respectively 575KWh, 13,869KWh, 59,617 KWh, 21,978KWh and -211,300KWh and the saving effect was 0.1%, 2%, 8.3%, 8.3%, 3% and negative effect. Thus the setting temperature of about 18°C~21°C is recommended in the Economizer Cycle System.

감사의 글

조그만한 결실을 맺을 수 있도록 도와주신 모든 분들께 고마운 마음을 감사의 글로서 대신 하고자 합니다.

본 논문을 처음부터 끝까지 지도해 주시고 학문의 폭을 넓혀주신 이언구 교수님께 진심으로 감사를 드립니다. 또한, 학문적으로 많은 가르침을 배풀어 주신 이명호 교수님과 이현호 교수님께도 감사를 드리며, 논문을 심사해 주신 신현식 교수님과 정현수 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

그리고, 논문을 적극적으로 검토해 주신 송국섭 선배님과 권영철 형에게도 깊은 감사를 드리고, 함께 생활을 하며 충고와 어려움을 같이 해준 건축환경 연구실의 선, 후배님들께도 감사를 드립니다.

또한, 직장에서 많은 시간을 활애해 주시고 염려해 주신 김덕수 사장님과 박성규 이사님 등 삼영설비의 모든 분들께도 감사의 마음을 전합니다.

끝으로, 오늘이 있기까지 항상 따뜻한 사랑과 격려로써 지켜봐 주시고 모살펴 주신 할머니와 아버지, 형과 형수님에게도 무한한 감사를 드리며, 어머님께 이 논문을 바칩니다.

1994년 6월

윤기만