

TM
691
나수연주

第 82 回 碩士學位論文
指導教授 李 彥 求

 중앙대학교



T0083979

住宅의 에너지 節約 設計技法 및 效率評價에 關한 研究

A study on the Development of Energy conservation
Design Strategies and Energy Efficiency Rating for Houses

中央大學校 大學院

建築工學科 建築計劃 및 環境專攻

羅 修 年

1994年 12月

住宅의 에너지 節約 設計技法 및 效率評價에 關한 研究

A study on the Development of Energy conservation
Design Strategies and Energy Efficiency Rating for Houses

이 論文을 碩士學位 論文으로 提出함.

1994. 12.

中央大學校 大學院

建築工學科 建築計劃 및 環境專攻

羅 修 年

羅修年의 碩士學位 論文을 認定함.

審查委員長 _____ (인)

審查委員 _____ (인)

審查委員 _____ (인)

1994. 12.

中央大學校 大學院

국 문 요 약

본 연구는 주택의 에너지 성능을 누구나 쉽게 판단할 수 있도록 에너지 등급을 설정하고, 이 때 사용된 방법론을 근거로 주택의 에너지 절약 설계기법을 제시하는 것을 목적으로 하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 : 1) 주택의 에너지 소비에 영향을 미치는 에너지 요소(Energy Factor)를 조사하고, 2) 주택의 신축 설계도면을 이용하여 광범위한 주택의 종류에 대한 에너지 성능분석을 정밀해석 컴퓨터 프로그램을 이용하여 실시한 후, 3) 그 결과를 다중회귀분석의 통계적 방법으로 처리하여 몇가지 중요한 에너지 요소 (Energy Factor)만으로 주택의 에너지 성능을 예측할 수 있는 회귀모델을 도출하였다.

단독 주택의 난방부하 예측을 위한 다중 회귀방정식은 다음과 같다.

$$Y = 377.4 X_1 + 178.8 X_2 + 130 X_3 - 18.7 X_4 - 4.6 X_5 - 1.3 X_6 - 34.8$$

여기서, Y : 난방부하 ($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$)

X_1 : 침기율 (ACH)

X_2 : 체적비 (단위면적당 전체 체적면적비)

X_3 : 외피면적비 (외피면적/바닥면적)

X_4 : 장단변비 (북측벽길이/동측벽길이)

X_5 : 창의 투과율 (%)

X_6 : 남측창비율 (%) (남측창면적/전체 창면적)

이와 같은 회귀식을 근거로 에너지 효율 등급을 설정하면 다음과 같다.

500이하	501 ~ 600	601 ~ 700	701 ~ 800	801 ~ 900	901이상
I	II	III	IV	V	VI

(단위 : MJ/m²yr)

회귀식을 근거로 건축설계시 가장 먼저 고려해야 할 중요한 설계기법을 요약하면 다음과 같다.

1. 침기량을 줄일 것.
2. V/F, SF비를 작게 할 것.
3. 적당한 장단변비를 갖도록 할 것.
4. 남측 창의 투과율을 높일 것.
5. 남측 창비율을 크게 할 것.

목 차

국문요약	
제 1 장 서 론	1
1.1 연구의 목적 및 배경	1
1.2 연구방법	3
제 2 장 건물 에너지 소비 특성과 에너지 절약 관련 기준	5
2.1 우리나라의 에너지 소비구조	5
2.2 국내 건물 에너지절약 관련 법규	7
2.3 외국의 건물 에너지 절약 관련기준	9
2.4 주요 국가의 에너지 성능 등급 표시제도	17
제 3 장 프로그램의 고찰	19
3.1 QUICK 프로그램의 알고리즘(Program Algorithm)	19
3.2 QUICK의 입력방식	22
제 4 장 에너지 요소의 고찰	25
4.1 건물 에너지 소비에 영향을 미치는 요소	25
4.1.1 미세기후 MICROCLIMATE	26
4.1.2 형태와 향 Shape and Orientation	29
4.1.3 건물구조와 재료 (Building Construction and Materials)	32
4.1.4 일사 Solar Radiation	35
4.1.5 틈새바람 (Infiltration)	40
4.1.6 내부 공간 계획 Interior planning	42

제 5 장 주택의 에너지성능 예측 및 효율등급 설정	45
5.1 개요	45
5.2 대상 주택의 선정	46
5.3 변인의 추정	47
5.3.1 변인의 추정	47
5.3.2 DATA File의 작성	50
5.4 에너지소비와 변인과의 상관관계	51
5.4.1 주요 변인들의 분포	51
5.4.2 단순 상관관계	53
5.5 주택의 에너지 소비 예측 모델	54
5.5.1 회귀분석 Regression	54
5.5.2 에너지 소비 예측 모델	63
5.6 에너지등급(EEL)의 산정	64
 제 6 장 주택의 에너지 절약 설계기법	 67
6.1 개요	67
6.2 기본 조건	67
6.3 주택의 에너지 절약 설계 기법	69
 제 7 장 결 론	 77
참고문헌	79

Abstract

표 목 차

<표 1-1> 에너지 지표	6
<표 1-2> 주거면적의 변동추이	6
<표 2-1> 신축건물의 단열에 따른 지역별 단열규정	7
A 지역에 따른 건물부위별 열관류율표 (단위:Kcal/m ² h°C)	8
B 지역에 따른 건축물에 사용하는 단열재의 두께기준표	8
<표 2-2> 건물형식 및 지역구분에 따른 열손실계수	12
<표 2-3> 구조, 부위 및 지역에 따른 열관류율	13
<표 4-1> 재료에 따른 반사율과 방사율(흡수율)	32
<표 4-2> 주요 건축 재료의 열적 특성	34
<표 4-3> 환기법에 의한 환기 횟수	40
<표 5-1> 건축요소와 변인의 추정	49
<표 5-2> 주요변인들의 적용범위	50
<표 5-3> 향에 대한 서열척도	50
<표 5-4> 주요 변인들의 분포	51
<표 5-5> 각 변인과 난방부하간의 단순 상관관계	53
<표 5-6> 에너지 효율등급의 설정	64
<표 5-7> 독일의 Energie Kennzahl Zertifikat	65
<표 5-8> 에너지 절약을 위한 주택 에너지 성능 등급 초안	65
<표 5-9> 표면흡수율과 난방부하	76

그 림 목 차

(그림 1.1) 연구의 흐름도	4
(그림 3.1) 공간의 Thermal Network	20
(그림 4.1) 지표면의 열전달특성	27
(그림 4.2) 기후지역에 따른 건물의 장단변비	29
(그림 4.3) S/V 비	30
(그림 4.4) 난방기 일사열 취득	35
(그림 4.5) 냉방기 일사열 취득	35
(그림 4.6) 수평차양장치	37
(그림 4.7) 수직차양장치와 혼합형 차양장치	38
(그림 4.8) 내부차양장치	39
(그림 4.9) 시간 및 계절에 따른 공간의 배치	43
(그림 4.10) 아트리움의 설치	44
(그림 4.11) 공간의 수직적 조닝	44
(그림 5.1) 대상주택의 연면적 분포	46
(그림 5.2) 난방부하의 분포	47
(그림 5.3) Energy Factors	48
(그림 5.4) 각 변인과 난방부하간의 편상관관계	56
(그림 5.5) Stepwise방법에 의한 다중회귀분석	57
(그림 5.6) Forword방식에 의한 회귀방정식	58
(그림 5.7) Backword방식에 의한 회귀방정식	59
(그림 5.8) 난방부하에 대한 회귀식	60
(그림 5.9) 회귀분석의 검증	62
(그림 5.10) 에너지 효율 등급의 비교	66
(그림 5.11) 대상주택의 건물 향 분포	68
(그림 5.12) 향과 난방부하	68
(그림 5.13) 침기율과 난방부하	70
(그림 5.14) 북측 창면적비와 난방부하	73
(그림 5.15) 남측 창면적비와 난방부하	73
(그림 5.16) 북측 창비율과 난방부하	73
(그림 5.17) 남측 창비율과 난방부하	73
(그림 5.18) 벽체의 차폐계수와 난방부하	75
(그림 5.19) 지붕의 차폐계수와 난방부하	75

제 1 장 서 론

1.1 연구의 목적 및 배경

본 연구의 목적은 주택의 에너지 성능을 누구나 쉽게 판단할 수 있도록 에너지 등급을 설정하고, 이 때 사용된 방법론을 근거로 주택의 에너지 절약 설계기법을 제시하고자 하는 것이다.

에너지 부존자원이 절대적으로 부족하여 90% 이상의 에너지를 수입에 의존하고 있는 우리나라에서는 효과적인 에너지 정책을 통하여 에너지 절약을 추구하는 것만이 국가경쟁력을 높이고 국민생활을 향상시키는 지름길이다. 이에 따라 정부에서는 1979년 에너지이용 합리화법을 제정하여 각종 에너지 절약 정책을 시행하고 있으며, 국가 전체 에너지 소비의 1/3을 차지하고 있는 건축부문에서는 건축법을 통하여 최소 단열규정과 같은 부위별 성능기준과 EBL과 같은 총량 규제기준을 설정하여 에너지 절약을 꾀하고 있다. 그러나 이와 같은 규정들은 대부분 규제일변도의 강제조항으로서, 자발적이고 적극적인 에너지 절약을 유도하기에는 미흡한 실정이다. 특히 주택의 경우, 건물의 설계 및 구매가 개인적 판단에 의한 사적 의사결정에 의해 좌우되기 때문에 일반인이 능동적으로 에너지 절약에 동참하기 위해서는 규제정책보다는 자발적인 절약을 조장하는 정책의 수립이 요구된다.

일부 선진외국에서는 주택의 에너지 효율등급을 정하여 건물에 표시함으로써 주택을 구매하거나 입주시 의사결정에 도움을 주고 나아가 각종 세제 및 금융혜택 등을 제공하는 장려(Incentive)정책의 기준으로 삼고 있는 경우가 있다. 현재 우리나라에서는 일부 가전제품 및 승용차의 경우에 한해 에너지 효율등급제도를 시행하고 있으며 어느 정도 에너지절약의 가시적 효과를 얻고 있다. 그러나 주택은 이들보다 훨씬 값비싼 일생일대의 투자이고, 또 수명도 훨씬 길기 때문에 에너지 비용이 건물의 Life Cycle Cost에 미치는 영향이 지대하게 된다. 따라서 구매자나 입주자의 입장에서는 주택의 에너지 성능을 쉽게 판단할 수 있는 기준이 반드시 필요하며, 그 방법의 하나가 바로 주택의 에너지 효율등급(Energy Efficiency Rating, EER)을 제시하는 것이다.

주택의 에너지 효율등급을 설정하기 위해서는 건물의 에너지 성능을 정밀하게 분석하여 에너지 소비량을 예측해야 하는데, 이를 위해서는 정밀 에너지 해석 용 컴퓨터 프로그램의 활용이 필요하다. 그러나 주택의 설계자나 개발업자, 혹은 관련 공무원이나 일반인 등이 복잡한 에너지해석 알고리즘을 이해하고 수많은 입력변수를 추출하고 컴퓨터를 조작하여 출력 값을 분석한다는 것은 무리한 요구일 뿐 아니라 현실적으로 불가능한 일이다. 따라서, 본 연구에서는 주택의 에너지 성능을 분석하는 방법론의 하나로서: 1) 주택의 에너지 소비에 영향을 미치는 에너지 요소(Energy Factor)를 조사하고, 2) 다양한 주택의 신축 설계도면을 이용하여 광범위한 주택의 종류에 대한 에너지 성능분석을 정밀해석 컴퓨터 프로그램을 이용하여 실시한 후, 3) 그 결과를 다중 회귀분석의 통계적 방법으로 처리하여 몇 가지 중요한 에너지 요소 (Energy Factor)만으로 주택의 에너지 성능을 예측할 수 있는 회귀모델을 도출하였다.

이와 같은 회귀모델을 근거로 가장 에너지 절약적으로 설계 가능한 주택의 에너지 소비정도를 최상의 에너지 효율등급으로 정하고, 여기서부터 순차적으로 6등급의 에너지 효율등급을 설정함으로써, 복잡한 에너지 원단위가 아닌 1등급에서 6등급까지의 단순한 수치로서 건물의 에너지 성능을 판단할 수 있도록 하였다.

한편, 본 연구로부터 도출된 에너지 소비예측 모델(회귀식)은 건물의 에너지 소비량을 몇 가지 중요한 Energy Factor만으로 산정할 수 있으므로 건축설계시 건축가들에게 간편하면서도 효과적인 에너지절약 설계기법을 제시할 수 있게 된다.

1. 2 연구방법

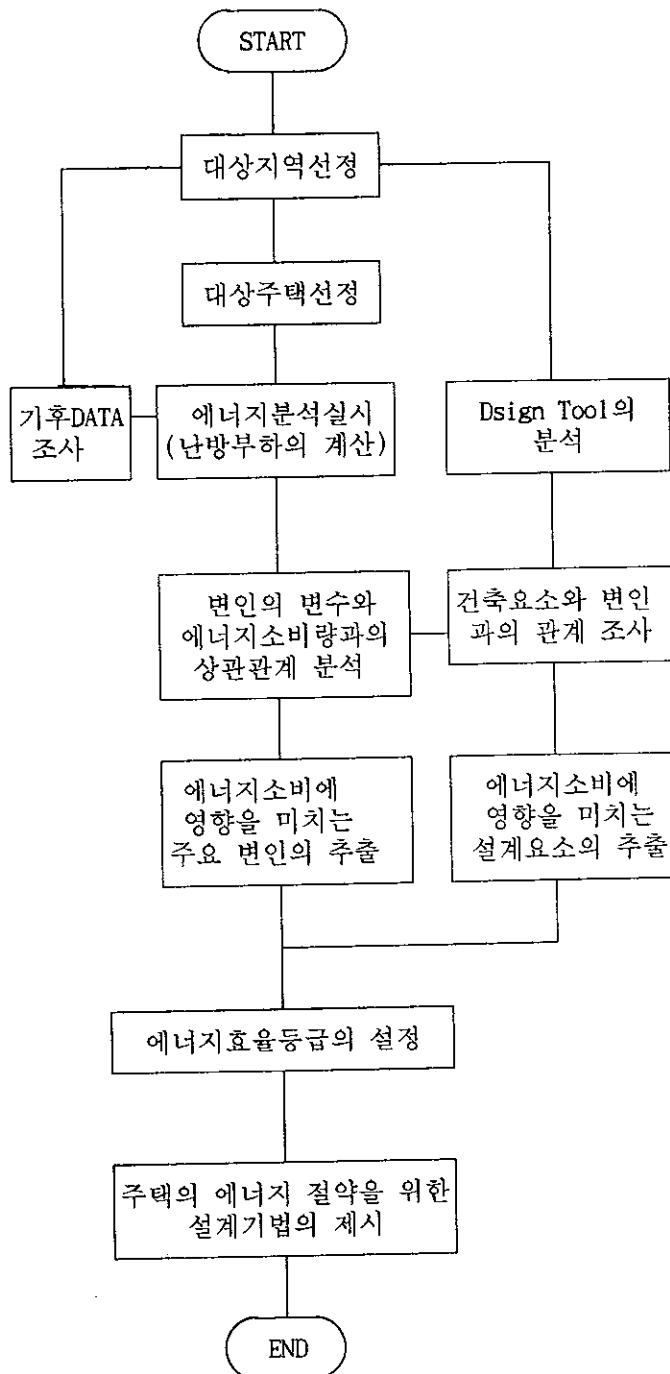
본 연구에서는 건물의 에너지 소비에 영향을 미치는 설계 요소를 파악하기 위하여 각종 문헌 및 연구 자료를 조사하였으며 (문헌조사, **Literature Survey**) 이와 같은 설계 요소중 건축 계획과 직접 관련이 있는 변수를 추출하였다.

또한 서울 지역에서 설계된 단독주택 58개의 설계도면을 구하여 이들의 에너지 성능을 컴퓨터 프로그램을 이용하여 정밀 분석하였다(컴퓨터 시뮬레이션, **Computer Simulation**). 이 때 프로그램의 입력자료는 앞에서 조사된 설계 요소와 비교하여 1:1로 대응할 수 있도록 CODE화 하였다.

이와 같이 분석된 건물의 에너지 성능을 근거로 입력자료상 가장 에너지 절약적으로 설계된 건물의 에너지 소비량을 최상 등급으로 하는 에너지 효율등급을 설정하였다(**내용분석, Content Analysis**).

이와 함께 통계분석을 실시하여 건물의 에너지 소비에 영향을 미치는 중요한 변수를 추출한 후, 이들 변수로서 건물의 에너지 소비량을 예측할 수 있는 다중 회귀식을 제시하였다(**통계분석, Statistical Analysis**).

마지막으로 다중 회귀식에 포함된 설계 변수를 근거로 건축설계시 쉽게 적용 할 수 있는, 간단하면서도 정량적으로 구체화 할 수 있는 환경 설계 기법을 제시하였다.



(그림 1-1 연구의 흐름도)

제 2 장 건물 에너지 소비 특성과 에너지 절약 관련 기준

2.1 우리나라의 에너지 소비구조

우리나라는 급속한 경제 성장 기간인 60-70년대에 에너지 소비가 7%수준으로 증가하다가 1980년대 2차 석유파동으로 인해 에너지 소비는 연평균 4%의 증가에 머물렀다. 그러나 1986년 이후 경제가 성장하고 에너지 가격이 하락함에 따라 에너지 소비는 다시 크게 증가하여 86년-89년 기간중 연평균 11%라는 높은 증가세를 보였다. 1989년 한해동안 대형건물 829업체가 소비한 에너지는 총 907,372 TOE로 평균 한 업체가 1,095 TOE를 소비한 셈이다. 이는 1986년의 업체당 소비량 984 TOE와 비교해 볼 때 약 11.3%의 에너지를 더 소비하고 있는 것이다.

석유류 중에서는 방카C류가 그 주종을 이루고 있고 가스류는 거의가 도시가스로서 대형 건물에서 소비되는 에너지원은 대체로 방카C류와 도시가스 그리고 전력이 전체 에너지의 90%이상을 차지하고 있다. 아파트를 제외한 대형 건물의 에너지 소비 구조의 변화 추이를 보면 석유류의 경우 86년 총에너지의 64.5%를 차지하였으나 89년 31.3%로 감소한 반면 전력은 33.4%에서 41.7%로 증가하였다. 이러한 현상은 전반적으로 에너지 소비 구조가 고급화, 선진화하고 있는 현상으로 볼 수 있다. 이를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 국내의 에너지 소비는 계속적인 증가 추세에 있으며 1992년 현재 10.3%/년의 증가율을 보이고 있다.
- 2) 에너지 수입 의존도는 92.1%이며 국내 총수입의 18.4%에 이르는 막대한 양이다. 또한 에너지 증가율이 경제성장률을 앞지르고 있어 국제수지 적자의 주요원인이 되고 있다. 이러한 원인중 하나는 우리나라로 후기산업사회로 접근함에 따라 상업및 가정부분의 에너지 소비의 증가(고급 에너지 소비로의 전환)이며 이에 대한 대책이 필요하다.

2.2 국내 건물 에너지절약 관련 법규

우리나라에서는 1975년 건축법 개정에서 처음으로 「건물에 있어서 열손실방지」를 위한 조항이 신설되었고 1976년에 건축법 시행령, 1979년에 건축법 시행 규칙에 열손실 방지등에 관한 사항이 추가되었다. 그 후, 단열 의무화 규정은 계속 강화되어 1987년 개정된 건축법 시행규칙이 현재 적용되고 있으며, 이와 동시에 1985년 이후에는 일정규모 이상의 에너지 다소비형 건물에 대해 종합적인 에너지 성능을 규정하는 에너지 절약 계획서의 제출을 의무화하고 있다.

이와 같이 우리나라의 기준은 처음에는 단순한 부위별 단열기준에서 출발하였으나 현재에는 모든 건물에 적용(제주도 지방의 소형건물을 제외)하는 부위별 기준과 에너지 다소비형 대형 건물에 적용하는 성능기준으로 이원화되어 있다.

2.2.1 건물부위별 단열기준

건물부위별 단열기준은 처음으로 1979년에 부위별 열관류율과 단열재의 두께를 규정하였고 1980년에는 창의 열관류율이 추가되었으며 1984년에는 전국을 기후 특성에 따라 2개 지역으로 구분, 1987년에는 전국의 기후대를 다시 3개 지역으로 조정, 구분하였다. 이와 같은 개정 과정을 통하여 단열기준은 계속 강화되어 왔으며, 단열부위를 세분화하고 난방도일에 따라 지역기후를 구분하여 차등규제하는 등 합리적인 방향으로 발전되어 왔다.

〈표 2.1〉 신축건물의 단열에 따른 지역별 단열규정

* 적용대상지역

지역구분	해당시·도
중부	서울특별시, 경기도, 인천직할시, 충청북도, 강원도
남부	충청남도, 전라남도, 북도, 광주직할시, 경상남도, 북도, 대구, 부산
제주	제주도

A 지역에 따른 건물부위별 열관류율표 (단위:Kcal/ $m^2h^{\circ}C$)

부위별	중부지역	남부지역	제주도지역
거실의 외벽, 최하층에 있는 거실의 바닥 (외기에 면하는 바닥을 포함한다)	0.5이하	0.65이하	1.0이하
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	0.35이하	0.45이하	0.65이하
공동주택의 측벽	0.4이하	0.6이하	0.7이하
거실의 외기에 면하는 창(복층유리)	2.9이하	3.1이하	5.0이하

B 지역에 따른 건축물에 사용하는 단열재의 두께기준표

부위별	지역별	단열재종류	기타재료: 열전도저항 이 다음의 값에 적용 하는 재질의 두께일것
		(단위 : mm)	(단위 $m^2h^{\circ}C/Kcal$)
거실의 외벽, 최하층 에 있는 거실의 바닥 (외기에 면하는 바닥 을 포함한다)	중부	50 이상	1.6 이상
	남부	40 이상	1.25 이상
	제주도	30 이상	1.0 이상
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	중부	80 이상	2.5 이상
	제주도	60 이상	1.9 이상
	남부	40 이상	1.25 이상
공동주택의 측벽	중부	70 이상	2.2 이상
	제주도	50 이상	1.6 이상
	남부	40 이상	1.25 이상

2.2.2 건물 에너지 성능 기준

건물 에너지 성능 기준은 1985년 건축법 시행령 개정에서 에너지 다소비형의 대형 건물에 대해서는 건축허가 신청시 에너지 절약 계획서의 제출을 의무화하였다. 에너지 절약 계획서에는 건물의 배치, 형상 및 공간 계획 등에 있어서 에너지 절약 지침에 따른 절약 설계 내용을 기술하게 함과 동시에 기계 및 전기 설비에 있어서 에너지 절약 기자재를 사용케 함으로써 종합적인 에너지 절약을 유도하고 있다. 특히, 에너지 절약 계획서의 근간이 되는 건물 에너지 성능 기준(BEPS, Building Energy performance Standard)은 건물의 단위 면적당 연간 에너지 부하량으로 건물 유형별로 규정하여 설계치가 규정치 이내에 들도록 하는 방법(공동주택 및 사무소건물)과 건물의 에너지 성능 지표(EPI)를 규정하여 일정점수 이상의 EPI를 에너지 절약 설계의 기준으로 인정하는 방법(숙박시설 및 목욕장/실내수영장)이 있고, 건물의 외피 열성능 기준을 종합적으로 규정하는 방법(병원)등 다원화된 규정이 적용되고 있다.

2.3 외국의 건물 에너지 절약 관련기준

2.3.1 미국

미국의 건축 관련 법규는 각 주에 따라 서로 다른 규정을 적용하고 있는데, 에너지 절약에 관련된 규정을 주로 미국 공기조화냉동공학회(ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)의 기준과 국립 표준국(NBS, National Bureau of Standards, 후에 NIST로 변경))의 기준을 적용하고 있다. NBS기준은 1974년 발표되었으며 건물 외피의 경우 난방 에너지 절감을 위해 외벽의 최대 열관류율을 규제하고 있으며, 냉방의 경우에는 최대 열취득을 규정하고 있는데 기본적인 개념은 ASHRAE의 기준과 유사하다.

ASHRAE는 1975년 처음으로 신축 건물의 에너지 절약 설계기준으로 ASHRAE Standard 90-75를 제정한 후 수 차례에 걸쳐 수정을 거듭하여 1980년 개정된 ASHRAE 90A-80의 범위는 신축 건물의 설계에 있어서 건물의 외피 조건(Exterior Envelope Requirements), 공조 설비 시스템(HVAC Systems), 공조 설비 장치(HVAC Equipments), 급탕 설비(Service Water Heating), 배관 및 덕트설비(Energy Distribution Systems), 조명전력용 에너지 소비 예산 설정(Lighting Power Budget Determination Procedure) 등을 포함하고 있는 종합적 에너지 절약 설계기준이다. 이 기준은 ANSI(American National Standard Institute)와 IES(Illuminating Engineering Society)가 공동으로 인준하였기 때문에 ANSI/ASHRAE/IES 90A-1980이라고도 알려져 있다. ASHRAE는 1980년 이후에도 꾸준한 연구를 통해 설계기준을 수정, 보완하고 있으며 최근에 IES와 공동으로 ASHRAE/IES Standard 90.1-1989, Energy Efficient Design of New Building Except Low-Rise Residential Buildings를 발표하여 에너지 절약 설계의 새로운 기준으로 제시하고 있으나 아직까지 보편적으로 사용되고 있지 않다.

ASHRAE 90A-80은 건물 유형을 A형(3층 이하의 공동주택 및 단독주택과 호텔, 모텔)과 B형(그 밖의 모든 건물)으로 나누고, A형 건물의 경우에는 벽체 및 지붕의 총 열관류율(U_o , Overall Thermal Transmittance) 값이 난방도일에 따라 설정된 상한치를 넘지 않도록 규정하고 있다. B형 건물에 있어서는, 난방 설비만 되어 있는 경우에는 벽체 및 지붕의 총 열관류율(U_o) 값이 상한치를 넘지 않도록 하며, 냉방 설비가 되어 있는 경우에는 벽체 및 지붕의 총 열취득 계수(OTTV, Overall Thermal Transfer Value) 값이 벽체의 경우에는 지방의 위도에 따라 설정된 상한치를 넘지 않도록 하고 지붕의 경우에는 26.8을 넘지 않도록 규정하고 있다.

다음 식은 벽체에 있어서 U_o 및 OTTV를 구하는 계산식이다. 지붕의 계산식도 같은 방식으로 지붕에 대한 변수를 바꾸어 대입하면 구할 수 있다.

$$U_o = \frac{(U_{wall} \times A_{wall}) + (U_f \times A_f) + (U_{door} \times A_{door})}{A_o} \quad \dots \dots \dots \quad (2.1)$$

여기서, U_o : 총 열관류율 ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$)
 A_o : 외벽의 총면적 (m^2)
 U_{wall} : 불투명 벽체의 열관류율 ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$)
 A_{wall} : 불투명 벽체의 면적 (m^2)
 U_f : 유리창의 열관류율 ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$)
 A_f : 유리창의 면적 (m^2)
 U_{door} : 문의 열관류율 ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$)
 A_{door} : 문의 면적 (m^2)

$$OTTV = \frac{(U_{wall} \times A_{wall} \times TD_{eq}) + (A_f \times SF \times SC) + (U_f \times A_f \times \Delta T)}{A_o} \quad \text{--- (2.2)}$$

여기서, OTTV : 총 열취득계수
 TD_{eq} : 상당외기온도차(도표에서 구함) ($^\circ\text{C}$)
 SC : 차폐계수
 SF : 일사열취득계수(도표에서 구함) (W/m^2)
 ΔT : 실내외 설계온도차 ($^\circ\text{C}$)

U_o 와 OTTV를 규정하는 ASHRAE의 에너지 절약 설계 기준은 에너지 소비 상한치를 규정하는 방법보다는 종합성이거나 융통성이 미흡하지만 단순한 부위별 성능 기준 보다는 설계에 융통성을 부여하고 있고, 적용과 확인이 간편하다는 점에서 합리적 기준으로 널리 사용되고 있다.

한편, 미국 에너지부(D.O.E, U.S Department of Energy)에서는 70년대 중반 이후 건물 에너지 성능 기준(BEPS)에 대한 규정을 개발하여 22개 건물유형에 따라 각 지역별로 에너지 소비 상한치(EBL)를 설정하였으며, 이를 위하여 종합적인 건물 에너지 분석 프로그램인 DOE-2를 개발한 바 있다. 그러나, 이 성능 기준은 그 적용에 있어서 관련 업체 및 유관 단체의 이해가 서로 엇갈리고 시행상의 복잡성 등으로 실시가 유보되어 있는 실정이다.

2.3.2 일본

일본의 건물 에너지 절약 설계기준은 에너지 사용 합리화에 관한 법률에 의거하여 최대 열손실 계수를 규정하고 있으며, 이와 함께 건물의 부위별 열관류율을 설계 및 시공 지침으로 고시하고 있다. 즉, 일본의 전 지역을 난방도일에 따라 크게 5개 지역으로 구분하고 각 지역에 따라 주택의 유형별로 최대 열손실 계수를 <표 2.1>과 같이 규정하고 있는데 열손실계수는 다음 식에 의해 구한다.

<표 2.1> 건물형식 및 지역구분에 따른 열손실계수

주 택 양 식	열 손 실 계 수				
	지 역 구 分*				
	I	II	III	IV	V
단독 주택, 종합 주택 연립 주택	2.8	3.6	4.4	4.8	6.8
공동 주택	2.3	3.2	3.8	4.4	5.7

*) 지역구분 (난방도일에 기준함)

지 역 구 분	난 방 도 일
I	4 0 0 0 이상
II	3 0 0 0 이상 - 4 0 0 0 미만
III	2 0 0 0 이상 - 3 0 0 0 미만
IV	1 4 0 0 이상 - 2 0 0 0 미만
V	1 4 0 0 미만

$$Q = \frac{(\sum A_{ij} K_{ij} H_{ij} + 0.3n \sum B_i H_i)}{S} \quad (2.3)$$

여기서, Q : 열손실계수($\text{Kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$)

A_{ij} : 건물의 각 구획(거실 등, i구획)의 각 부위(외벽등, j부위)에 있어서 외기에 면한 면적(m^2)

K_{ij} : 각 구획의 각 부위 열관류율($\text{Kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$)

H_{ij} : 각 구획별 부위에 따라 외기에 접하는 정도에 따라 결정되는 계수 (0.3-1.0)

n : 각 구획의 자연환기회수(회/시간)

B_i : 각 구획의 용적(m^3)

H_i : 각 구획의 자연환기에 따른 계수(거실=1.0, 기타=0.7)

S : 바닥면적의 합계(m^2)

한편, 각 부위별 단열기준은 건물의 구조를 철근 콘크리트 및 조적조와 그 밖의 구조로 구분한 후 외피의 각 부분에 따라 지역별로 최대 열관류율을 규정하고 있다(<표2.2>).

<표 2.2> 구조, 부위 및 지역에 따른 열관류율

구조	부위	열관류율(단위: $\text{Kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$)				
		지역구분				
		I	II	III	IV	V
1 철근 콘크리 트 및 조적조	지붕 또는 천정	0.6	0.9	0.9	1.0	1.3
	벽	0.7	1.0	1.0	1.3	--
	바 외기에 접하는 바닥	0.5	0.9	0.9	1.1	--
	탁 기타의 바닥	0.7	1.0	1.0	1.5	--
	개 구부	3.0	3.5	6.0	6.0	6.0
(1) 이 외의 구조	지붕 또는 천정	0.3	0.6	0.6	0.8	1.3
	벽	0.35	0.7	0.7	0.9	--
	바 외기에 접하는 바닥	0.3	0.7	0.7	0.9	--
	탁 기타의 바닥	0.35	0.8	0.8	1.0	--
	개 구부	3.0	3.5	6.0	6.0	6.0

주택의 부위별 기준이 1980년 제정된 후 에너지 소비의 동향과 거주 수준의 향상을 감안하여 기존의 열손실계수보다 낮은 값이 적용되도록 보다 강화된 주택의 새로운 에너지 절약 기준과 지침을 1992년 개정하였다. 1993년에는 사무소, 호텔, 판매점, 학교 등 비주거용 건물의 에너지 절약 기준인 PALRHK CEC의 요구 값을 강화하고 종래의 공조기기에만 해당되던 CEC를 환기(CEC/V), 조명(CEC/L), 급탕(CEC/HW), 엘리베이터(CEC/EV) 등으로 확대하여 공표하였다.

1992년 2월 고시 451호에 의해서 주택 부위의 단열성능을 최고 2배 이상 강화하였으며 단열 요구 성능을 건물 구조별(철근콘크리트조, 조적조, 목조, 기타), 부위별로 세분화하여 제시하는 등, 보다 강화되고 정량적인 기준으로 개선하고 있다.

2.3.3 영국

영국의 에너지 절약 설계기준은 영국건축설비협회(CIBS, the Chartered Institute of Building Services)에서 1981년에 제시한 건물에너지 규준(CIBS Building Energy Code)에 근거하고 있다. 이 규준은 건물을 크게 업무시설, 판매시설, 산업시설, 주거용 건물, 호텔, 병원 및 교육시설로 나눈 다음, 이를 다시 주간 사용일수로 구분하고, 이에 따라 단위 면적당 에너지 소비 목표치(Demand Target)를 열에너지(T_T , Thermal Demand Target)와 전기 에너지(T_E , Electrical Demand Target)로 나누어 제시함으로써 에너지 절약 설계에 있어서 설계자에 대한 융통성을 최대한으로 부여하고 있다. 한편, 에너지 소비량에 대한 계산은 국립 건축 연구소(BRE, Building Research Establishment)에서 난방도일방식을 이용하여 개발한 간편한 수계산 방식을 이용하고 있다. 이 밖에도 영국을 4개 지역으로 구분하여 지역에 따라 부위별 최대 열판유률과 바닥면적에 대한 창면적비, 건물의 단위 면적당 열손실에 대한 규정 등을 적용하고 있다.

2.3.4 독일

독일의 건물 에너지 절약 설계기준은 1976년 제정된 “에너지 절약에 관한 법률”에 근거하고 있다. 이 기준은 건물유형을 크게 주택, 업무시설, 판매시설, 학교 등 대부분의 일반 건물과 온도를 낮게 유지하는 산업용 건물, 그리고 운동 및 집회를 위한 건물로 구분하고 각각의 건물 유형에 따라 최대 평균 열관류율을 규정하고 있다. 이때 최대 평균 열관류율은 건물의 형상을 고려하여 건물용적에 대한 외피면적비(F/V비)에 따라 다르게 규정함으로써 설계의 융통성을 부여하고 있다. 한편 DIN4108 기준에서는 1978년까지는 전국을 3개 지역으로 기후 구분을 하였으나 1979년부터는 2개 지역으로만 구분하여 최저 단열 및 완전단열의 개념을 도입한 건축 구성 요소별 열관류율 K값으로 규정하고 있는데, 여기서 최저단열이란 설계용 외기온도, 실내 온습도 조건에 대하여 외벽의 실내측 표면에 결露가 생기지 않게 하는 단열을 의미하며, 완전단열이란 최저단열에서 얻어지는 실내측 표면온도가 실내의 인체 쾌감을 위해서는 낮기 때문에 표면온도를 그보다 높은 17-17.5°C가 유지되도록 좀더 완전한 단열성능을 갖는 단열을 의미한다. 통일이후 독일은 현재 1994년/1995년을 목표로 보다 강화된 건축물 에너지 절약기준의 개정작업을 진행하고 있다. (DIN 4108의 개정)

2.3.5 기타 국가

1) 덴마크

덴마크는 1972년 6월에 제정, 공표된 건축 단열에 관한 법규가 있었지만 에너지 파동이후 그 기준을 더욱 강화시켜 1979년 2월에 변경된 단열 기준을 사용하고 있다. 이 나라는 국토가 좁은 관계로 지역 구분없이 전국을 1개 지역으로 하고 10-18°C로 난방하는 공간과 18°C 이상으로 난방하는 공간으로 구분하여 건물 부위별로 최대 열류율을 규정하는 부위별 기준을 적용하고 있다.

2) 프랑스

프랑스는 1960년에 발표된 주택법(H.L.M)이 있었고, 1974년에는 법령74-306에서 전국을 위도와 행정상의 위치로부터 3개의 구역으로 나누어, 각종 건물에 대한 단위 용적당의 열손실율(외기와 실내의 온도차 1°C당 열손실(Kcal/h)을 실의 용적 m^3 으로 나눈 값) G 값을 일정 범위에서 규제하고 있다.

3) 네덜란드

네덜란드는 1964년 NEN1068에서 건물의 단열에 관해 독일의 규격과 마찬가지로 건물의 각 부위에 대한 열관류 저항 최소치를 추천하고 있으며, 위도나 기후에 따라 구역을 나누는 대신에 온화(mild), 보통(moderate), 한지(severe)의 세ট으로 나누고 있다. 이 기준은 법적 의무는 없지만 NEN1068에 따르지 않는 건물에는 건축비의 용자를 거절할 수도 있다.

4) 캐나다

캐나다는 난방도일에 의해 전국을 4개 지역으로 구분하여 열관류율 K값을 건물 부위별로 규정하고 있다. 최근에는 국립연구소(NRC)의 주도로 현행 기준의 전면 개정을 목표로 1991년도에 연구를 착수하여 1995년 완성 예정으로 있다.

2.4 주요 국가의 에너지 성능 등급 표시제도

2.4.1 덴마크 (Energy Certificate)

덴마크에서는 1981년 법을 제정하여 1985년 1월 1일 이후부터 1979년 이전에 건설된 주택을 매매할 때 열성능 평가조사 보고서 또는 열성능 평가 증명서증 하나를 구매계약서를 작성하기전에 제시하도록 규정하였다. 이에 따라 열성능 평가증명서 없는 주택판매는 합법적이 될 수 없으며 부동산 거래를 하기전에 열성능평가 증명서의 구비유무를 판매자는 알려 줘야 한다.

덴마크에서 부동산 거래의 대부분은 부동산 중개인의 중개를 통하여 이루어지는데 덴마크 공업부는 ‘거래일반조항’을 통해서 열성능 평가 증명서의 실체를 명백히하고 있다. 이런 규정은 부동산 중개인들이 고객들에게 부동산 거래자가 열성능 평가 증명서 또는 열성능 평가 조사보고서의 제출을 합법적으로 요구한다는 것을 의무적으로 알려주도록 하고 있는데 이것은 부동산 거래자로 하여금 고객들이 열성능 평가 증명서를 작성하도록 유도하는 효과가 있다.

2.4.2 HERS (미국)

HERS(HOME ENERGY RATING SYSTEM)는 주로 연방정부, 주 정부 등에 발주하는 주거 단지에 대한 에너지 효율 등급 표시제도로서 초기에는 주택부문의 에너지 절약에 크게 기여하였으나 그 후 개발업자들로부터의 반발로 인하여 많은 주에서 도입이 보류된 바 있다. 그러나 최근에는 HERS의 시행에 반발했던 단체들로부터 긍정적인 평가를 받고 있으며 현재 34개 주가 HERS Program을 갖고 있고 28개 주에서는 적극적인 시행 계획을 수립하고 있다.

2.4.3 영국 (Star Point)

영국은 국립건축연구소(Government's Building Research Establishment)에서 연구 개발한 주택의 효율 등급 표시 제도로서 STAR POINT를 가지고 있으며 앞의 대부분의 주택은 에너지 효율에 의해 등급화될 예정이다. 등급은 5단계로 세분화되어 있으며

Poor(*) / Standard(**) / good(***) / Very Good(****) / Excellent(*****)
로 표시된다.

부동산의 등급을 표시하는 증명서를 소지하는 것은 의무적인 것은 아니지만 에너지 절약에 큰 의미가 있을 것으로 보인다.

이 증명서는 주택에 대한 정밀 조사를 거쳐 STAR POINT로 표시되며, 동시에 등급을 높이기 위한 권장사항들이 제시된다.

2.4.4 독일 (Energie Kennzahl Zertifikat)

독일은 Energie Kennzahl Zertifikat(Energy Characteristic Number Certificate)체계를 가지고 있다. 건물의 난방 및 온수에 소비되는 specific energy consumption rate는 건물의 에너지 소비상태를 알아보기 위하여 Energy Characteristic Number System을 이용하여 계산한다.

소비율 등급은 10단계로 세분화되어 있으며 0($\text{Kwh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}^2$)부터 400($\text{Kwh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}^2$)
 $40(\text{Kwh}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}^2)$ 간격으로 나누어 등급을 부여하고 있다.

제 3 장 프로그램의 고찰

건물 에너지(냉난방부하)의 계산 방식은 간단한 수계산에서 정밀 컴퓨터 프로그램까지 다양하지만 사실상 전축적 측면에서 에너지 소요량은 건물 자체의 열 성능뿐 아니라 실내 조건, 외부 환경 및 지형적 요인들과 서로 연관되어 복합적인 영향을 끼치므로 간단한 수계산으로는 정확하지 못하다. 또 현재 신뢰성이 있는 NBSLD, DOE-2, BLAST 등의 정밀 컴퓨터 프로그램들은 크기가 방대하여 사용방법이 복잡하고, 전문인이 아니면 운용하기가 힘들며 계산을 위한 DATA WORK에 많은 시간이 소요되므로 대형 건물이나 적합하다.

그러므로 본 연구에서는 40개의 설계도면을 근거로 다양한 주택의 에너지 성능을 분석하기 위해서 정밀 해석 프로그램의 일종인 QUICK Program을 사용하였다. QUICK Program은 University of Pretoria에서 개발한 범용 프로그램으로 Thermal Network 기법에 의해 시간당 열류 해석을 하고 있으며 월간 냉난방부하, 연간 냉난방부하 및 냉난방 기준일의 시간당 실내 온도분포를 계산하고 있다. 이 프로그램은 각종 실측자료를 비롯하여 DOE-2 및 ESP와 같은 대형 프로그램과의 비교를 통하여 신뢰성을 검증받았으며 세계 34개 국가에서 133개 연구기관이 사용하고 있다.

3.1 QUICK 프로그램의 알고리즘(Program Algorithm)

Quick 프로그램에 있어서 열류 해석은 전기 회로의 기본 개념을 이용한 Thermal Network 기법에 근거하고 있다. (그림 4.1)은 건물의 한 공간(zone)에서의 Thermal Network를 도시한 것이다. 여기서 결점(node) sa, s, i, 및 o는 각각 상당 외기(sol-air), 벽체(structure), 실내 공기(indoor air), 외부 공기(outdoor air)를 나타낸다.

제 4 장 에너지 요소의 고찰

4.1 건물 에너지 소비에 영향을 미치는 요소

에너지 절약적인 건물을 설계하기 위해서는 건물과 외부환경사이에서 발생하는 열교환의 원리를 이해하는 것이 필수적이다. 에너지는 벽체, 지붕, 창, 바닥과 그 밖의 다른 경로를 통해서 건물내, 외부로 흐른다. 설계자들이 주택이나 소규모 건물을 설계할 때 건물을 폐쇄한 환경으로 유지하기 위하여 필요한 에너지 비용을 최소화하기 위해서는 이러한 에너지의 흐름을 적절히 조절해야 한다.

결국 건물 외피의 열흐름은 에너지 차이 때문에 발생하므로 건물설계에 있어서 주된 고려점은 외기와 내부 건물 환경사이에 에너지 차이를 줄여야 한다는 것이다. 외부환경의 에너지 레벨은 지역기후요소 - 온도, 습도, 풍향, 풍속, 일사 등 - 들로 인해 영향을 받는 반면, 실내환경은 내부공간의 배치, 실내조건, 거주자수, 행동패턴에 따라 달라진다. 그러므로 열류의 방향, 비율, 양 등을 건물의 향, 배치, 구조재료 등을 이용함으로서 조절될 수 있다.

건물의 외피는 실내와 외부 환경간의 열교환을 조절하는 장치(Climatic Modifier)로서 외부 기후를 받아들여 새로운 실내 기후를 형성한다. 그러므로 벽체의 기능은 ① 외부로부터 열획득의 수용, ② 외부로부터 열획득의 배제, ③ 현재 실내에 있는 열에너지의 수용, ④ 현재 실내에 있는 열에너지의 제거 등의 4 가지로 구분할 수 있다. 이러한 기능의 구체적 방법은 대부분 정적으로 나타나며 장소에 고정된다. 예를 들자면 벽체나 천정의 단열재, 건물 외피의 창문 면적, 방위 등이다.

건물의 에너지 소비에 영향을 미치는 요소는 각종 이론식을 근거로 찾아낼 수 있고, 그 영향을 정량적으로 파악할 수 있다. 예를 들어 벽체의 열전달은 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있는데 이 방정식의 세가지 변수 - 표면적, 건물 외피의 열저항, 온도차 -에는 전도 열손실, 열획득을 감소시킬 수 있는 수많은 설계 방법들이 함축되어 있다.

iii) 실내표면열지향 R_a = 실내 벽체 표면으로부터 실내공기까지의 열지향

이상과 같은 Thermal Network에 대하여 실내 공기의 절점(node i) 부근에서의 열평형 방정식을 세우면 다음과 같다.

$$Q_c(t) + 1/R_v(t)(T_o(t) - T_i(t)) + \sum_n h_n(t) A_n [T_n(t) - T_o(t)] = C_a dT_i(t)/dt \quad (1)$$

여기서 C_a : 공기의 축열용량(heat capacity of air)

A_n : 벽체 n의 내표면 면적(interior surface of element n)

$Q_c(t)$: 대류열 발생율(convective heat generation)

$R_v(t)$: 환기량(ventilation resistance)

$h_n(t)$: 대류 및 복사를 포함한 실내열전달율

(combined indoor convective and radiative heat transfer coefficient)

$T_o(t)$: 외기온도(outdoor air temperature)

$T_i(t)$: 실내기온 (indoor air temperature)

$T_n(t)$: 벽체 n의 실내표면온도(nth element's interior surface temperature)

위의 식을 열전달 이론 및 실측 자료를 근거로 실내기온 $T_i(t)$ 에 대해서 풀면 다음과 같다.

$$T_i(t) = \{R_v / [(R_a + R_v) R_o \sum C]\} \exp(-t/\tau)^* T_{sa}(t) + \{R_a + R_v\} \sum C \times \exp(-t/\tau)^* T_o(t) + (R_v / [(R_a + R_v) \sum C]) \exp(-t/\tau)^* Q_r(t) + (R_a R_v / (R_a + R_v) \delta(t) + R_v^2 / [(R_a + R_v)^2 \sum C]) \exp(-t/\tau)^* Q_c(t) \quad (2)$$

여기서 * 는 반복계산을 의미하며 τ 는 시간상수로 다음식으로 구할 수 있다.

$$\tau = 0.28 \sum C (R_o / \sum_k A_k) (R_v + R_a) / \{(R_v + R_a + (R_o / \sum_k A_k))\} \quad (3)$$

위 식의 공간(ZONE)의 평균 기온 즉, 실내공간의 기온을 하나로 계산하는 것으로 만일 Thermal Network를 실내공간의 여러 절점으로 나누어 해석한다면 실내 공간의 온도 분포도 계산할 수 있으나 Quick에서는 방법론만을 제시하고 계산의 복잡성을 피하기 위하여 실내평균기온만을 계산하고 있다.

Quick의 알고리즘은 수많은 실험실 측정결과와 비교하여 타당성을 검증하였고 DOE-2 및 ESP와 같은 정밀 해석 프로그램의 결과와 비교하여 거의 일치하는 온도 분포를 얻음으로서 신뢰성을 확보한 바 있다.

3. 2 QUICK의 입력방식

3. 2 1 QUICK은 다음의 변수들을 포함한다.

- 1) 거주자, 기기, 조명등에서 발생하는 실내 대류, 복사 및 잠열
 - 2) 틈새바람을 및 기계환기 비율(ACH)
 - 3) 거주자들의 열쾌적(CLO)
 - 4) 외부차양장치
 - 5) 간막이 벽과 같은 실내구조체
 - 6) 각 ZONE의 외표면에 대한 다양한 반사, 흡수율 및 방위
 - 7) 각각의 건축요소들의 열관류저항, 축열계수
 - 8) 일사열취득
 - 9) 중발냉각 및 구조적 냉각
 - 10) 자연채광 SIMULATION
- 또 하나의 ZONE에 대해 24개의 FLOOR와 24개의 ROOF를 포함할 수 있으며 한 건물당 최대 100개까지 ZONING할 수 있다.

3.2.2 난방부하의 계산

실내온도를 어떤 온도로 고정한다하더라도 그 온도를 그대로 유지한다는 것에는 한계가 있다. 그러므로 프로그램사용자는 실내온도를 설정할 때 다소간 여유를 주어 에너지를 절감할 수 있도록 해야 한다. 즉 실내온도를 최대치와 최소치 두가지로 제한하는 것이다. 또한 사용자는 냉각기, 보일러의 운행시간을 설정해 주어야 한다.

① 부하의 계산

부하계산시 덕트나 공조설비에 있어서의 열손실이나 열획득은 고려하지 않으므로 사용자는 이에 대한 안전율을 부하결과치에 곱해야한다. QUICK의 또 다른 특징은 부하에 대한 분석에 매우 간단하다는 것이다. 즉 ZONE DATA의 지붕, 바닥, 외피 및 DATABASE의 기후, 내부부하와 AIR CONDITION 상태와 같은 정보만 입력되면 완료된다.

② 연간부하의 계산

비록 건물전체에너지 소모량은 LIFECYCLE COST를 알아야 계산할 수 있지만 건물의 에너지 소비의 대부분이 냉난방을 위한 AIR CONDITIONING으로 인한 것이므로 냉난방부하만을 평가해보는 것도 숙고해 볼 만하다. QUICK은 연간부하를 계산할때 다음과 같은 방식을 사용한다.

먼저 매달 그 달의 평균기후DATA와 내부부하 및 거주자, 침기에 대한 사항이 설정되었는 전형적인 날의 24시간부하를 계산한다. 일일에너지 소모량을 계산한 후에 한달일수(여기서는 30일)를 곱한다. 그 결과는 각각 냉방부하, 난방부하 및 전체부하값으로 출력된다. 이 월간부하는 일년간의 전체 에너지 소비량을 예측하기위해 합산된다.

3.2.3 난방부하계산을 위한 DATA BASE 설정

① 연간난방부하의 계산을 위한 난방기 및 냉방기의 설정은 다음과 같다.

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
구분	H	H	H	H	H	C	C	C	C	H	H	H

* H : 난방기, C : 냉방기

② AIR CONDITION 상태의 설정

기준	설계기준온도	가동시간	내부상대습도	BYPASS FACTOR
난방기	18 - 22	24시간	50%	10%
냉방기	24 - 26	24시간	50%	10%

③ 대상이 소규모(주택)이므로 내부열부하는 안전율정도로 생각하여 내부 기기 및 인체부하에 대한 고려는 하지 않는다.

④ 설비기기 및 난방기기 효율등은 감안하지 않는다.

제 4 장 에너지 요소의 고찰

4.1 건물 에너지 소비에 영향을 미치는 요소

에너지 절약적인 건물을 설계하기 위해서는 건물과 외부환경사이에서 발생하는 열교환의 원리를 이해하는 것이 필수적이다. 에너지는 벽체, 지붕, 창, 바닥과 그 밖의 다른 경로를 통해서 건물내, 외부로 흐른다. 설계자들이 주택이나 소규모 건물을 설계할 때 건물을 폐적한 환경으로 유지하기 위하여 필요한 에너지 비용을 최소화하기 위해서는 이러한 에너지의 흐름을 적절히 조절해야 한다.

결국 건물 외피의 열흐름은 에너지 차이 때문에 발생하므로 건물설계에 있어서 주된 고려점은 외기와 내부 건물 환경사이에 에너지 차이를 줄여야 한다는 것이다. 외부환경의 에너지 레벨은 지역기후요소 - 온도, 습도, 풍향, 풍속, 일사 등 - 들로 인해 영향을 받는 반면, 실내환경은 내부공간의 배치, 실내조건, 거주자수, 행동패턴에 따라 달라진다. 그러므로 열류의 방향, 비율, 양 등을 건물의 향, 배치, 구조재료 등을 이용함으로서 조절될 수 있다.

건물의 외피는 실내와 외부 환경간의 열교환을 조절하는 장치(Climatic Modifier)로서 외부 기후를 받아들여 새로운 실내 기후를 형성한다. 그러므로 벽체의 기능은 ① 외부로부터 열획득의 수용, ② 외부로부터 열획득의 배제, ③ 현재 실내에 있는 열에너지의 수용, ④ 현재 실내에 있는 열에너지의 제거 등의 4 가지로 구분할 수 있다. 이러한 기능의 구체적 방법은 대부분 정적으로 나타나며 장소에 고정된다. 예를 들자면 벽체나 천정의 단열재, 건물 외피의 창문 면적, 방위 등이다.

건물의 에너지 소비에 영향을 미치는 요소는 각종 이론식을 근거로 찾아낼 수 있고, 그 영향을 정량적으로 파악할 수 있다. 예를 들어 벽체의 열전달은 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있는데 이 방정식의 세가지 변수 - 표면적, 건물 외피의 열저항, 온도차 -에는 전도 열손실, 열획득을 감소시킬 수 있는 수많은 설계 방법들이 함축되어 있다.

$$Q = K * A * \Delta T$$

Q : 전도열류량 K : 재료의 열관류율

A : 표면적

ΔT : 실내외온도차

위의 식에서 표면적(A)을 감소시키면 열흐름이 감소된다. 즉 표면적 대 부피(S/V비)를 최소화 하는 것(건물을 좀더 조밀하게 만드는 것)과, 창이나 문과 같이 열저항이 작은 부분의 면적을 줄이는 것 등이다. 단위세대가 외기애 접하게 되는 면적을 최소화함으로써 외기로의 열손실을 줄일 수 있는 공동주택의 계획도 이런 범주에 속한다. 그러나 S/V비를 최소화하여 건물의 형태를 단순화시키는 것이 모든 설계에서 적용 가능한 것은 아니다.

열관류율($k\text{-값}$)을 작게 한다는 것은 외벽체의 열저항을 증가시키는 방법으로 여기에는 단열재를 충분히 설치하고, 벽체를 두껍게 한다거나 단열성능이 우수한 재료를 사용하거나 혹은 공기층을 설치하는 방법이 포함된다. 또한, 벽체의 흡수율은 높이고 표면의 마감상태를 거칠게 하는 것도 도움이 된다. 즉, 외벽체의 재료 선택 및 구성 방법 등의 설계 요소가 포함된다.

실내외 온도차(ΔT)의 감소는 실내온도의 유지와 함께 지열이나 태양열을 이용하기에 적당한 건축 대지를 선택하고 설계기법을 활용하는 방법으로서 이루어질 수 있다.

4.1.1 미세기후 MICROCLIMATE

기후의 특성을 이해하면 건물의 에너지 절약설계에 많은 도움이 되지만 많은 설계자들은 기후의 궁정적인 측면(건물의 에너지 소비를 줄일 수 있는 자연의 잇점)을 무시한 채 기후를 부정적인 요소로만 생각하는 경향이 있다.

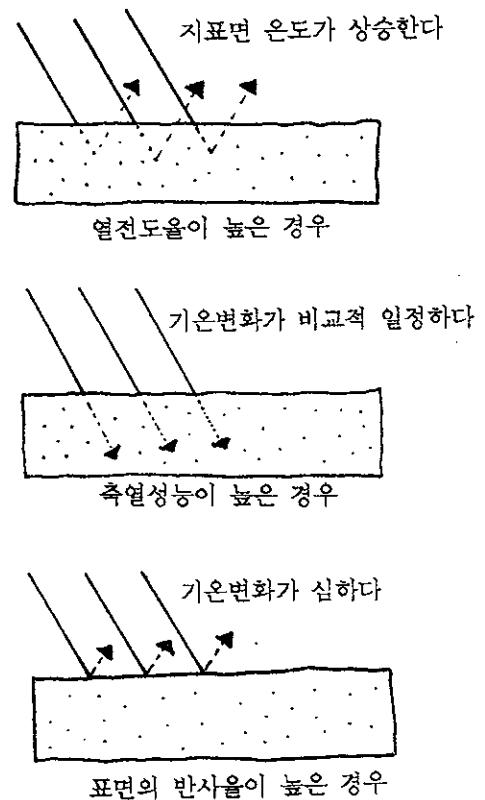
1) 기온과 습도 Temperature and Humidity

공기는 낮은 열용량을 가지기 때문에 온도변화가 쉽게 일어난다. 기온이란 대양열이 공기를 직접 덥히는 것이 아니라 일단 지표면이 더워지고 지표면 복사에 의해 공기온도가 오르는 것이다. 그러므로 기온은 지표면의 성질(열용량, 온도, 반사율)에 관계된다. 낮동안 들어온 태양복사열(단파)은 지구복사(장파)보다 많아서 지구표면 온도 및 기온이 높아지고, 밤에는 지구복사가 우세하여 차가워 진다.

또한 구름낀 하늘은 낮동안의 단파복사열을 가리고 밤에는 장파복사의 손실을 줄이므로 온도변화의 폭을 줄인다. 즉, 낮의 온도는 더 낮아지고 밤의 온도는 높아진다.

공기중 수증기는 절대습도와 상대습도로 나누낼 수 있다. 이 때 상대습도를 알면 증발에 대한 가능성(증발냉각효과)을 예측할 수 있다.

높은 열전도율을 가진 지표면은 빠른 교환이 일어나서 기온을 빨리 덥히게 된다. 반면에 열용량이 큰 성질의 토양은 많은 열을 흡수, 보유하게 되므로 축열체로서 작용하여 일일온도 변화를 완화시킨다. 또한, 복사, 높은 표면 반사율을 가진 표면은 에너지를 흡수하지 않고 대부분 바로 반사하므로 급격한 기온 변화를 일으킨다.



(그림4.1 지표면의 열전달특성)

따라서, 대지의 토양이나 지표면 상태를 조절하여 미세기후를 어느 정도 완화시킬 수 있고 이에 따라 건물의 에너지 성능을 향상시킨다.

2) 토양의 자연적 단열 특성

지표면의 온도변화 폭은 외기의 온도변화폭과 거의 같으나 지중 깊숙히 들어갈수록 온도변화 폭은 급격히 줄어든다. 지중 0.1m 이하에서는 일일 온도변화가 거의 없으며 연간 지중온도는 토양의 종류, 외기 온도변화에 따라 다르나 대략 5 - 8m 깊이에서는 거의 변화가 없다. 서울 지역의 지하 0.5m 깊이에서 2월에 약 0.6°C 로 나타나며 잔디의 단열효과, 흙의 축열효과에 의해 더욱 높은 온도가 유지될 수 있다. 또한 지중건축은 주변을 둘러싸고 있는 흙이 단열재역할을 하며 축열효과도 커서 에너지를 절약할 수 있다.

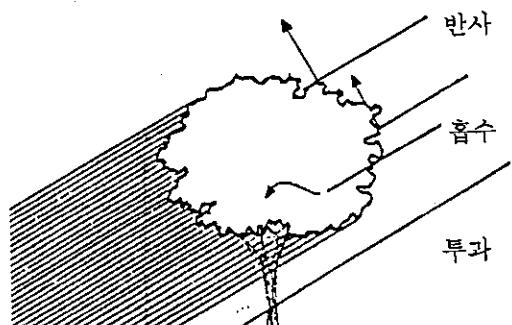
3) 물 (Water Bodies)

물은 높은 열용량을 가지고 있으며 대부분의 단파 복사를 흡수하는 성질이 있다. 그러므로 건물 주변에 水源이 있으면 낮동안 주위의 열을 축열했다가 야간에 주변이 냉각되면 재방사하게 되어 기온 변화를 완화시킨다. 예를 들어 더운 여름엔 낮의 기온을 $1.7\text{--}2.8^{\circ}\text{C}$ 정도 낮추고, 추운 겨울엔 2.8°C 정도의 기온상승 효과를 나타낼 수 있다. 따라서, 대지의 조성시 이와 같은 물의 미세기후 완화 효과를 이용하면 건물의 에너지 절약에 도움이 된다.

4) 식생 (Vegetation)

나무, 풀, 잔디 등과 같은 식생에 의하여 미세기후가 완화될 수 있으며 다음과 같은 효과가 있다.

- 입사된 태양복사열의 분산 효과
- 수분에 의한 에너지의 흡수, 저장 효과
- 표면 수분 증발에 의한 가습효과
- 기온 저하시 저장된 에너지의 방출 효과
- 낮은 반사율로 인한 열저장 효과
- 지표면에 대한 일사차폐 효과
- 기류 패턴의 조절 효과
- 단열공기층(Air Insulation Pockets)의 조성 효과



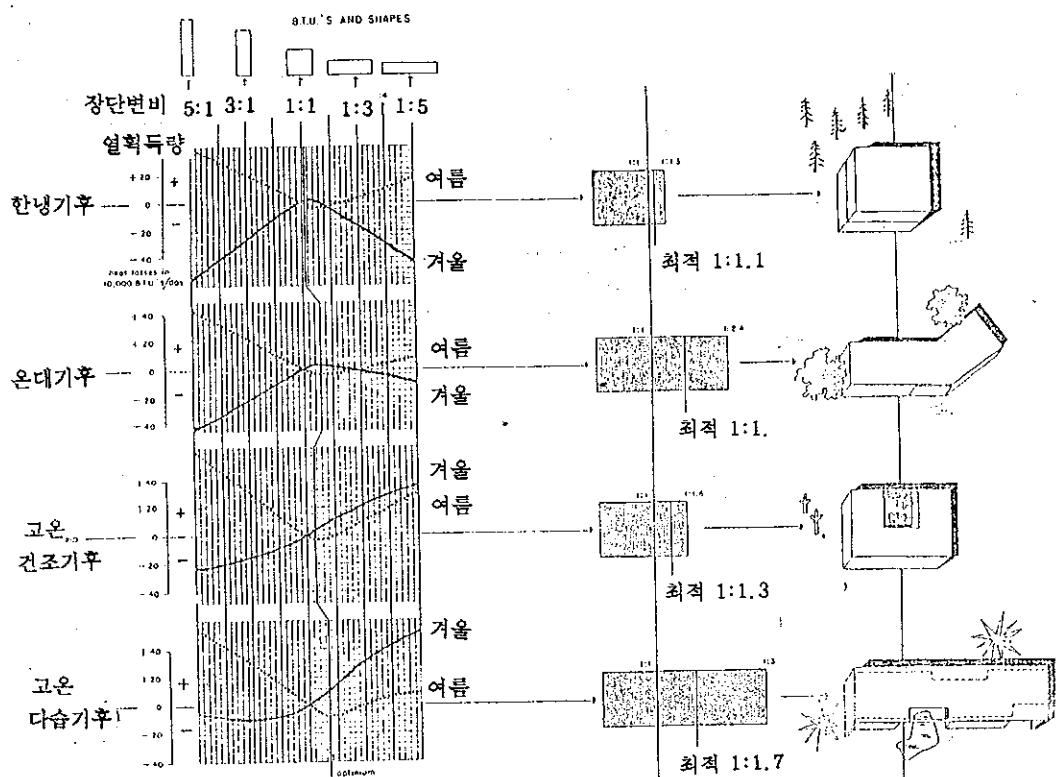
나무의 일사 완화 효과.

그러므로 식생이 충분한 지역은 다른 지역보다 더 시원하고(평균 5°C 정도 더 낫다) 습도가 충분하며 온도 변화폭이 적어 열적으로 안정되게 된다.

4.1.2 형태와 향 Shape and Orientation

건물의 형태와 향은 건물 표면에 도달하는 일사와 바람의 양과 패턴에 큰 영향을 미치게 되므로 결국 건물이 에너지 소비에 커다란 요소로 작용하게 된다. 또한, 건물의 각 부 표면에 접하게 되는 미세기후는 각각 다르게 되므로 에너지 절약을 위하여 설계자는 각 부위에 대하여 서로 다른 설계방법을 택하는 것이 바람직하다.

건물의 형태와 향에 따라 각 표면에 도달하는 태양 복사량이 다르게 되고, 이를 외벽을 통한 에너지 수지와 비교한다면 기후지역에 따라 다음과 같은 최적 장단변비를 구할 수 있게 된다.

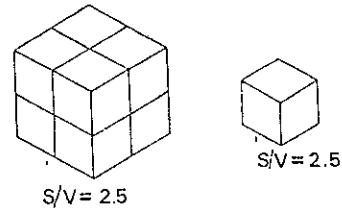


(그림 4.2) 기후지역에 따른 건물의 장단변비

또한, 건물 외피는 외부온도가 낮을 때 내부 열손실을 막고 외부온도가 높을 때는 내부 열획득을 줄이며 실내 열발생으로 인한 내부열획득을 분산시키는 작용을 해야 한다. 이를 위해서 고려해야 할 점은 다음과 같다.

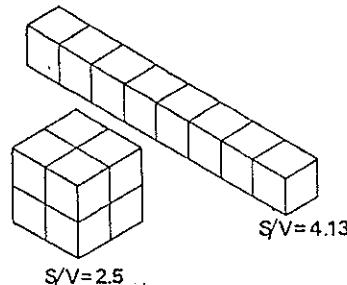
1) 용적에 대한 표면적의 비율(S/V ratio)

외부환경에 대한 노출이 작을수록 복사, 대류로 인한 열획득, 열손실이 적다. 같은 형태라도 큰용적을 갖는 건물은 작은 S/V비를 가지며 그만큼 열교환이 적다. 같은 용적을 가졌더라도 복잡한 형태의 건물은 S/V비가 커지고 열교환이 더 많아진다.

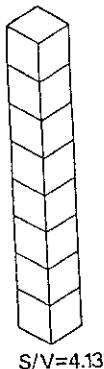


2) S/F비 (S/F ratio)

S/F비역시 S/V와 마찬가지로 그 값이 적을수록 에너지부하가 적어진다. S/F비는 저층일 때는 층수의 증가에 따라 급속히 감소하지만 고층일 때는 감소폭이 크게 줄어 20층 이상에서는 큰 차이가 없다.



$S/V = 2.5$

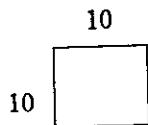


$S/V = 4.13$

(그림 4.3) S/V 비

3) 평면밀집비(Compactness ratio = pop비)

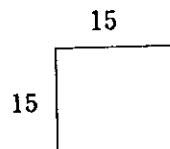
주변길이에 대한 면적비는 같은 형태라도 그 크기에 따라 달라진다.



$$P(\text{주변길이}) = 40$$

$$A(\text{면적}) = 100\text{M}$$

$$A/P = 2.5$$



$$P = 60$$

$$A = 225$$

$$A/P = 3.75$$

이러한 문제를 해결하기 위해 같은 면적이면서 주변길이가 최소(A/P비가 가장 큰)인 원형을 기준으로 하여 평면밀집비(또는 POP비)를 구한다.

$$POP = \frac{Po}{Pb} \times 100(\%) = 2 \frac{\sqrt{4Ab}}{Pb} \times 100(\%)$$

POP : 평면밀집비

Ab : 건물면적

Po : 건물과 면적이 같은 원형의 원주 Pb : 건물평면의 주변길이

POP비가 커질수록 복사 및 대류에 의한 에너지소비가 적고 작을수록 에너지 소비가 많아진다.

4) 체적비(Volume ratio)

체적은 같지만 표면적이 최소(= S/V비가 가장 적은)인 반구를 기준으로 건물의 체적비를 구한다.

$$VOLM = \frac{Ss}{Sb} \times 100 (\%)$$

VOLM = 체적비

Ss = 건물과 체적이 같은 반구의 표면적

Sb = 창, 벽, 지붕을 포함한 건물의 표면적

체적비는 밀집비(POP비)와 같이 높을수록 에너지소비가 적어진다.

5) 최적형태

건물의 길이, 폭, 높이간의 비율이 적당하면 에너지 절약에 효과적이다. 최적의 건물형상은 겨울에는 태양열획득이 최대이고 여름에는 최소의 태양열을 받아들이는 형태이다. 태양고도와 일사각 범위의 차이로 인해 남면 수직면에서의 열획득은 겨울이 여름의 2배가 된다. 반면에 겨울철에 동서면은 여름에 받은 일사의 반 정도만 받는다. 그러므로 건물의 남측면 면적이 동서면보다 더 커야 한다.

우리나라와 같은 기후에서 건물의 장단변비는 1:1.5 정도의 동서로 긴 형태가 가장 유리하다.

4.1.3 건물구조와 재료 (Building Construction and Materials)

건물구조와 재료는 건물 내외부로 흐르는 에너지의 양에 영향을 준다. 이러한 열흐름에 영향을 미치는 재료의 특성은 열전도율, 비열, 반사율, 흡수율(방사율) 등이 있으며 이러한 요소들은 단열 정도와 축열성능에 관계된다.

1) 표면성질 Surfaces

복사열전달에 영향을 끼치는 재료의 특성은 흡수율, 방사율, 반사율이다. 이 때 방사에너지에는 절대온도의 4제곱에 비례하며 ($E_b = \sigma T^4$) 복사과장에 따라 다르다 ($E = \epsilon E_b$). 즉 방사율, 흡수율은 표면의 질감뿐 아니라 색채(파장)에도 관계된다.

외피재료의 반사율은 태양열획득에 중요한 요소로 밝고, 매끄러운 면은 일사의 대부분을 직접 반사하는 한편 어두운 색일수록 더 많이 흡수하고 덜 반사한다. 보통 비슷한 구조체, 성질을 가진 경우 밝은 표면보다 어두운 표면이 30-50%정도 열획득을 많이 한다.

〈표4-1〉 재료에 따른 반사율과 방사율(흡수율)

표면 (Surface)	반사율 (%)	흡수율 (%)	방사율 (%)
아스베스토스, 시멘트	40	60	90
콘크리트	35	65	90
벽돌 (붉은벽돌)	30	70	90
알루미늄, 밝은색	80	20	5
철제 (아연도금)	30	55 ~ 70	25 ~ 90
타일	빨강	25	70
	검정	10	90
페인트	흰색	70	30
	빨강, 초록, 갈색	30	70
	검정	10	90

2) 단열 (Insulation)

단열값은 에너지 흐름을 방해하는 능력으로 모든 재료는 에너지 흐름(열전달)을 저지하는 능력이 다소간 있다. 단열성능이 좋으려면 열전도율이 낮고 열용량이 작아야 한다. 그러나 적절하지 못한 단열값은 도리어 에너지 소비량을 증가시킬수 있다. 즉 내부열발생이 많은 건물에서 과다한 단열은 열의 분산을 막으므로 오히려 불리하다. 그러므로 건물 내 외부를 통한 열손실 및 열획득에 대한 열균형분석(Year-round Heat Balance Analysis)을 실시하여 적절한 단열재의 두께를 결정해야 한다.

① 열전도율 (Thermal Conductivity : k)

특정한 재료를 통하여 열이 전도되는 율에 대한 척도 (단위 : W/m°C)로서 두께 1m 재료를 사이에 두고 양측 표면의 온도차가 1°C 일때 재료를 통한 열흐름을 와트(W)로 측정한 것이다. 열전도율의 역수는 열전도 저항 (r , m°C / W)으로 재료의 단열성능을 나타낸다.

② 열관류율 (Overall Thermal Transmittance Coefficient : K-값)

여러 재료로 구성된 복합 구조체를 통한 열전달 요인들을 조합한 하나의 값으로 나타낸 것으로 K-값(또는 U-value)라고도 한다. 즉 K-값이란 표면적 1m²인 구조체를 사이에 두고 실내외 온도차가 1°C일때 구조체를 통한 열류율을 W로 측정한 것이다. K-값이 낮을 수록 단열의 성능은 더 좋다. 예를 들어 K-값이 0.5W/m² °C인 벽체의 열손실율은 K-값이 1.0W/m² °C인 벽체의 절반이 된다.

③ 열용량 (Thermal Capacity)

열용량은 어떤 재료가 축적할 수 있는 열량을 나타낸다. 열용량의 단위는 W/°C로써 물체의 온도를 1°C 올리는데 필요한 열량으로 표시하며 다음 식으로 구할 수 있다. 열용량 $Q(W/°C) = 질량(kg) * 비열(W/kg°C)$

열용량이 작을수록 단열성은 좋지만 축열성능이 떨어지기 때문에 간헐적으로 발생하는 에너지(태양열, 간헐공조, 내부 열발생)의 저장에는 불리하며 타임랙에 의한 용량형 단열 효과를 기대하기 어렵다.

<표 4-2> 주요 건축 재료의 열적 특성

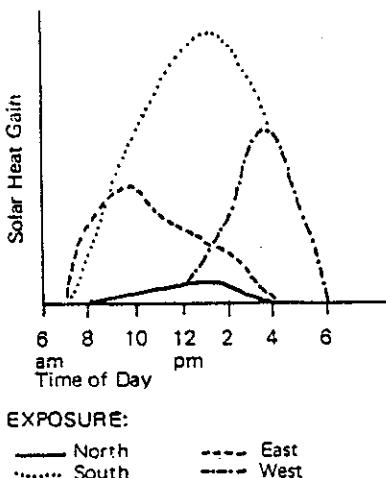
재료	밀도 (kg/m ³)	비열 (kcal/kg·°C)	열전도율 (kcal/mh·°C)
목재 (timber) 참나무 (oak) 라왕 (lauan) 합판 (plywood)	577	0.57	0.17
	470	0.54	0.15
	530	0.29	0.12
석재 (ston) 화강암 (granite) 대리석 (marble)	2600	0.22	2.15
	2500	0.19	1.72
벽돌 (brick) 시멘트벽돌 (concrete) 적벽돌 (red brick) 내화벽돌 (fire brick)	1600	0.20	0.53
	1660	0.20	0.67
	1950	0.21	0.96
콘크리트 (concrete) 보통콘크리트 (concrete) 경량콘크리트 (lightweight C) 기포콘크리트 (foam C)	2200	0.21	1.40
	1200	0.24	0.34
	500	0.27	0.10
유리 (glass) 창유리 (window glass) 크라운유리 (crown glass) 기포유리 (foam glass)	2500	0.43	0.90
	2470	0.18	0.86
	136	0.18	0.04
금속 (metal) 알루미늄 (aluminum) 구리 (copper) 강철 (steel)	2740	0.215	190
	8910	0.094	338
	7760	0.110	43
타일 (tile) 아스팔트 (asphalt) 고무 (rubber) 플라스틱 (plastic)	1830	0.26	0.28
	1780	0.38	0.34
	1050	0.29	0.43
하드보드 (hardboard)	600	0.48	0.07
석고판 (gypsumboard)	800	0.26	0.14
섬유판 (fiber board) 연질 (fiber board) 경질 (hard board)	288	0.31	0.05
	880	0.32	0.10
발포수지 (foam plastic) 압축플라스티렌 (extruded polystyrene board) 폴리우레탄 (polyurethane foam board) 우레이폼 (urea formaldehyde foam) 페어라이트 (perlite foam board)	28	0.33	0.031
	30	0.38	0.022
	10	0.33	0.034
	65	-	0.036

3) 열전달 지연효과 Thermal Lag

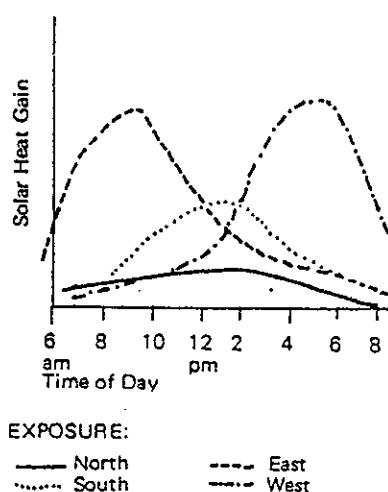
건축 부위의 축열 성능으로 인하여 열의 흐름이 지연되는 현상을 열전달 지연 효과(Thermal lag)라고 부르며 실내 온도변화에 영향을 끼친다. 열지연 효과란 따뜻한 낮동안 벽을 통한 외부열전달을 지연시키고 저장한 다음 추운 밤동안에 그 열을 건물내부로 복사시킬 수 있도록 한다. 이 메카니즘은 열손실을 줄일 수 있도록 반대로 작용할 수도 있다. 높은 열용량을 가진 재료로 만든 벽체는 높은 열적 탄성을 가져서 갑작스런 열흐름변화에 대응하여 안정된 온도를 유지할 수 있다. 내부열발생이 많은 경우에도 같은 효과를 낸다.

4.1.4 일사 Solar Radiation

일사는 건물 외피에 가장 큰 열획득 요소이다. 북측, 동, 서측 외피에서 최대 일사는 하절기동안 일어나며 남측벽은 겨울동안 최대일사를 받는다. 다음은 여름과 겨울동안 각각의 외벽이 받는 일사 열취득에 대한 그래프이다.



(그림 4.4) 난방기 일사열 취득



(그림 4.5) 냉방기 일사열 취득

일사를 조절하는 것은 태양열로 인한 열획득을 줄이는 가장 효과적인 방법이다. 건물 외피는 내부와 외부사이의 배기물이므로 필요에 따라 태양복사를 받아들이거나 제한하기 위해 외피재료를 유리와 같은 투명체 또는 불투명한 재료를 선택하게 된다. 또한 유리를 통하여 유입되는 일사를 조절하기 위해 각종 차양장치를 사용한다.

1) 유리 (Glazing)

유리는 전도 열손실이 커서 단열효과가 거의 없지만 어떤 다른 종류의 재료보다 가장 많은 양의 일사를 받아들이며 또한 건물에 자연광을 유입시킨다. <표4-2>는 각종 유리의 열적 광학적 특성을 정리한 것이다. 유리의 일사 능력은 주로 태양 복사율의 투과율에 따라 다르게 되며 반사율은 투과율이 높을수록 낮아진다. 투과율이 가장 높은 유리는 투명유리이며 가장 낮은 유리는 반사유리이다. 로이(Low-E)유리는 투과율이 높으면서도 복사열에 대한 방사율(Emissivity)이 낮아 보온력이 뛰어나며 특히 열관류율이 상대적으로 가장 낮기 때문에 에너지 절약에 유리하다.

2) 차양장치 (Shading Devices)

① 외부 차양 장치 (External Shading Devices)

알맞게 설계된 차양장치는 겨울 일사량을 줄이지 않으면서 여름(냉방기간)의 일사 열획득을 줄인다. 차양 장치의 일사 차폐성능은 차폐계수(SC, Shading Coefficient)로 표시할 수 있으며 다음 식으로 구한다.

$$\text{차폐계수} = \frac{\text{차양설치시 일사의 투과량}}{\text{투명유리의 투과량}}$$

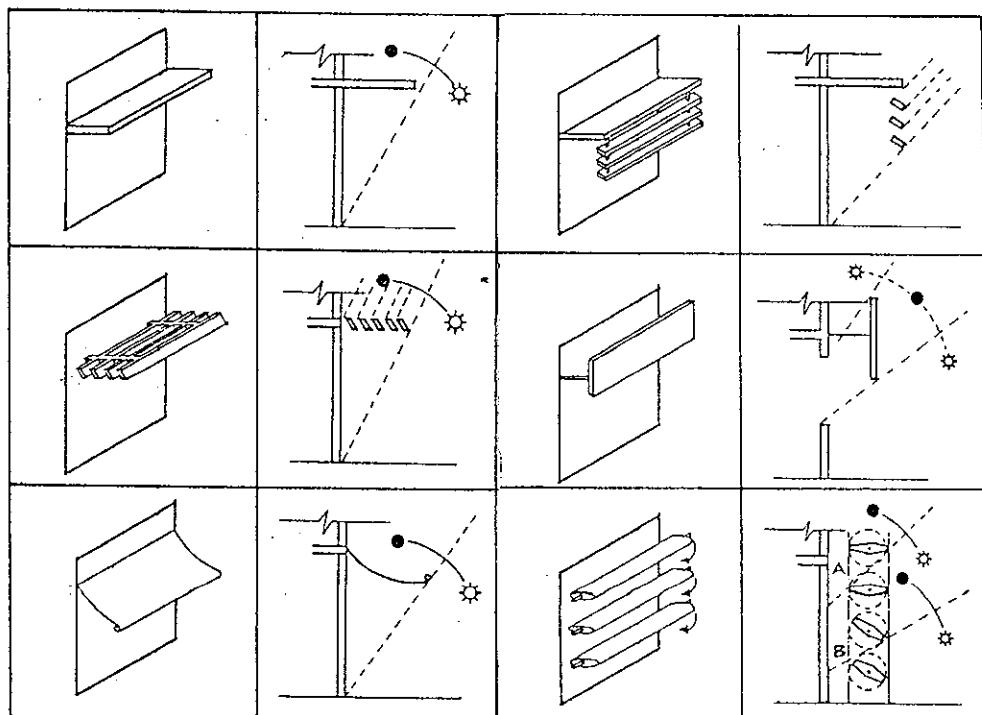
외부 차양의 종류는 크게 수평 차양 장치, 수직 차양 장치, 수평수직 차양 장치 등으로 구별할 수 있으며 설치될 벽체의 방위에 따라 적절한 것을 선택해야 한다. 외부 차양 장치는 고정형과 가동형으로 설계할 수 있는데 태양의 위치에 따라 조절이 가능한 가동형이 보다 효과적이다.

a. 수평 차양 장치 (Horizontal Devices)

수평 차양 장치는 난방기에 일사 열획득을 줄이지 않으면서 냉방기에는 일사 열획득을 최소화 할 필요가 있는 곳에 설치하며, 태양의 고도가 높은 곳에서 효과적이다. 그러므로 수평 차양 장치는 아침, 저녁에 낮은 태양 고도를 갖는 동, 서측벽보다는 남향벽에 설치하는 것이 좋다.

수평 차양 장치의 설치시에는 태양 고도에 따라 차양 깊이를 결정해야 한다. 여기서 θ 는 태양 고도이며 방위각이 벽체와 연직일 때 계산한 값으로 한다.

$$\text{Shadow} = (\text{Depth of overhang}) \times \sin\theta$$



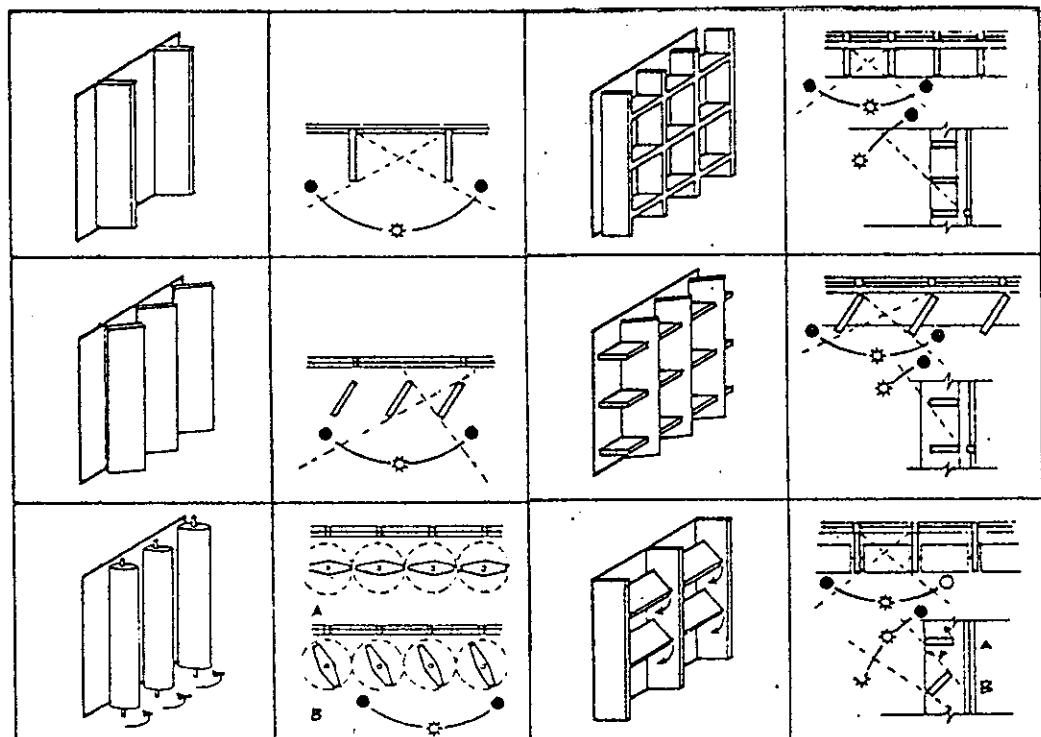
(그림 4.6) 수평차양장치

b. 수직 차양 장치 (Vertical Devices)

수직 차양 장치는 태양이 낮은 고도에서 빠르게 움직이는 동, 서측벽에 설치하는 것이 효과적이다.

c. 수직 수평 차양 장치 (Horizontal/Vertical Devices)

태양의 위치 변화에 따라 보다 완벽한 일사 조절이 필요한 공간에서는 egg-create형의 수평 수직 차양 장치를 사용하는 것이 효과적이다.

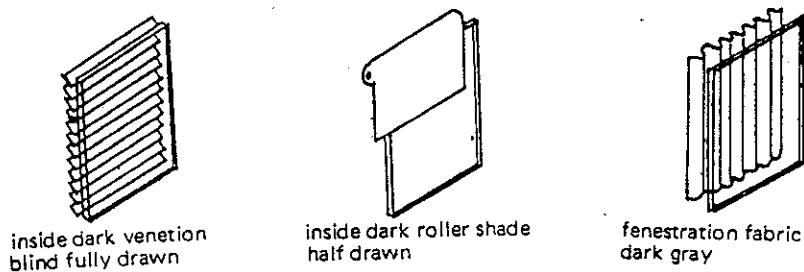


(그림 4.7) 수직차양장치와 혼합형 차양장치

② 내부 차양 장치 (Internal Devices)

내부 차양 장치는 일단 유리창을 통과하여 실내로 유입된 일사 열획득 때문에 성능면에 있어서 외부 차양 장치보다 비효과적이지만, 내부에서 조절이 쉽고 자체가 단열 장치로 사용될 수 있다는 잇점이 있다. 내부 차양 장치들의 특성은 다음과 같다.

- 베네시안 블라인드 Venetian Blind : 일사의 방향에 따라 슬래트의 각도를 자유롭게 조절할 수 있고 동시에 외부 조망을 확보할 수 있어 매우 효과적이다.
- 롤러 쉐이드(Roller Shade) : 일사 차단의 효과는 우수하나 조망이 차단된다는 단점이 있다.
- 커텐 (Draperies) : 커텐의 일사차단효과는 재료의 반사율과 직물의 질감에 의해 결정되는 데 종류가 다양하여 선택의 폭이 넓다.



(그림 4.8) 내부차양장치

4.1.5 틈새바람 (Infiltration)

1) 틈새바람의 정의 및 틈새바람량

틈새 바람이란 문과 창문 및 주위 구조체 내의 연결 부위와 갈라진 틈을 통해 유입되는 공기를 말한다. 틈새 바람은 주로 열손실과 관련이 있는 데 허술한 구조의 창호가 설치된 주택에서는 틈새바람에 의한 열손실량의 50% 이상을 차지하는 경우가 있으며, 기밀한 구조의 건물에서 창호에 바람막이 장치가 되어 있는 경우에도 약 20%정도의 열손실은 틈새바람에 의해 발생하게 된다.

틈새 바람에 의한 열손실을 줄일 수 있는 설계방법은 첫째 건물의 배치 계획에서 겨울철 상풍향(Prevailing Wind Direction)을 피하고 방풍림이나 방풍벽을 설치하는 방법이 있다. 또한 기밀한 구조의 창틀을 사용하고 틈새는 충분히 밀폐시키는 것이 중요하다. 출입구에는 방풍용 문을 사용하거나 전실(Vestibule)을 설치하는 것도 틈새바람을 줄이는 데 도움이 된다. 그러나, 틈새바람량이 극소화되는 경우에는 실내공기가 오염될 가능성이 있으므로 설계자는 필요 환기량을 확보할 수 있는 틈새바람을 확보할 수 있도록 하고, 만일 필요환기량을 확보하지 못하는 경우에는 별도의 환기장치를 설치하는 것이 필요하다. 이를 위해서는 설계초기 단계에 틈새바람을 정량적으로 계산해 보는 것이 필요하다.

틈새 바람의 양을 계산하는 방법엔 일반적으로 환기법과 틈새법의 두 가지가 있다. 환기법은 과거의 경험치에 의해 창호의 구성에 따라 개략적으로 환기 횟수를 추정하는 방법으로 <표 4-5>의 자료를 이용한다. 그러나 새로운 창호의 종류나 기밀한 주택에서는 이 자료를 이용하기 어렵다.

<표 4-5> 환기법에 의한 환기 횟수

실의 종류	시간당 환기 횟수
창 또는 외부에 면한 문이 없는 실	0.5
한쪽면에만 창 또는 외부에 면한 문이 있는 실	1
두면에 창 또는 외부에 면한 문이 있는 실	1.5
세면에 창 또는 외부에 면한 문이 있는 실	2
입구 훌	2

■ 창틀을 기밀하게 한 실에 대해서는 이 값의 2/3 를 사용한다.

* 출처 : ASHRAE Handbook of Fundamentals (1981)

틈새법은 실내외의 풍압차와 개구틈과 이음새의 단면적에 관련해서 틈새 바람량을 예측한다. 틈새법이 환기법에 비해 좀더 분석적이고 사용상 융통적이기는 하나, 그 정확성은 풍압과 틈새의 길이와 폭을 얼마나 정확히 산출하느냐에 따른다. 틈새법은 일반적으로 창문 환기의 성능을 평가하는 데에 적용된다.

틈새법에 의한 틈새바람량의 산정은 일반적으로 다음 식을 이용하여 계산한다.

$$V = b \cdot l \cdot \Delta P^{1/n}$$

V : 틈새바람량 (m^3/h)

b : 시간당 풍량계수 (틈새의 형사에 따라 차이가 있음)

l : 틈새의 길이

ΔP : 실내외 풍압차

n : 틈이 좁은 경우 1, 틈이 큰 경우 2.

2) 틈새바람에 의한 난방부하의 계산

틈새바람으로 인한 난방부하의 계산은 환기횟수와 건물의 용적을 알면 쉽게 구할 수 있다. 계산에는 두 가지 단계가 있다. 먼저 틈새바람에 의해 유입된 건조한 공기의 온도를 실내 온도로 끌어올리는 데에 필요한 혼열량 “ q_s ”를 구한다. 공기의 유출로 인해 손실되는 수증기를 보충하기 위해 실내 공기에 계속해서 가습을 한다면 다음으로 공기 속에 필요한 수분의 총량을 증발시키는 데에 요구되는 잠열량 “ q_e ”를 구한다.

현열부하 q_s 의 계산식은 다음과 같다:

$$V = \text{틈새바람량}$$

$$q_s = 0.24 * V \rho_o (T_i - T_o) \quad \rho_o = T_o \text{의 온도에서 공기 밀도}$$

T_i = 실내 공기 온도

T_o = 실외 공기 온도

$$0.240 = \text{건공기의 비열}$$

잠열부하 q_e 의 계산식은 다음과 같다.

w = 실내 공기의 절대습도

$$q_e = V\rho_1(w_i - w_o) \tau \quad w_o = \text{실외 공기의 절대습도}$$

τ = 실내 온도 T_i 에서 물의 증발 잠열량

ρ_1 = 온도 T_i 에서 공기의 밀도

이 때 틈새 바람에 대한 총 난방 부하는 ($q_s + q_e$), 즉 현열 부하와 잠열 부하의 합이 된다.

4.1.6 내부 공간 계획 Interior planning

건물 외부의 기후 환경은 일반적으로 실내 환경을 폐적하게 유지하는 데 부정적인 효과를 갖고 있다. 그러나 추운 겨울에도 태양열과 지중열을 이용한다면 내부 발생열을 적절히 보존한다면 실내 환경을 향상시킬 수 있으며, 더운 여름에는 야간 복사 냉각을 이용하거나 자연 환기를 통하여 실내 기온을 낮출 수 있고 지열이나 증발 냉각 효과를 이용하여 어느 정도 환경을 폐적하게 유지할 수 있다. 이와 같이 기후의 부정적 요소를 배제하고 긍정적 요소를 적극 수용하기 위해서는 적절한 내부 계획이 뒤따라야 한다.

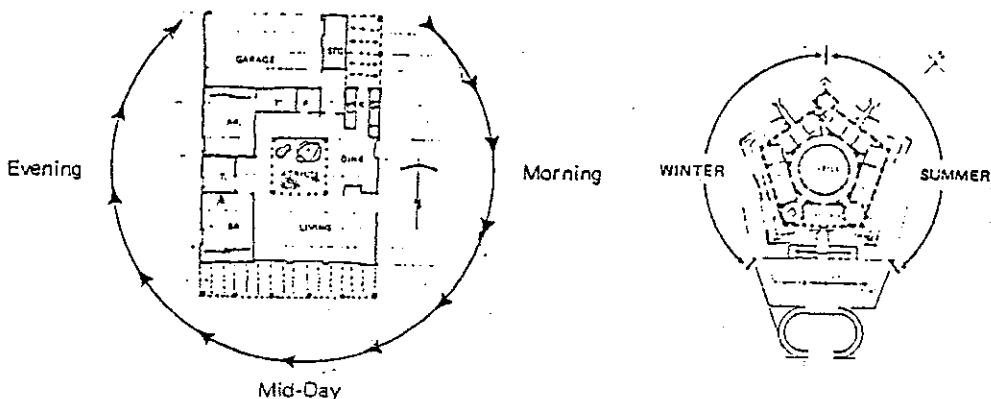
① 완충 공간의 설치

외부 환경의 극심한 변화가 실내 환경에 직접 영향을 미치지 않고, 또 실내 환경 조건이 외부에 바로 노출되지 않도록 하기 위해서는 건물의 외벽에 적절한 완충공간(Buffer Zone)을 설치하여야 한다.

간헐적으로 사용되는 비난방 공간(창고, 복도, 다용도실, 보일실 등)은 가능한 한 일사가 미치지 않는 북측 벽에 면해 배치하는 것이 바람직하다. 출입구에 설치하는 전실도 완충공간으로서 효과가 매우 높고, 남측의 일사를 일단 저장할 수 있는 온실(Green House)의 설치도 바람직하다.

② 시간 및 계절에 따른 공간의 배치

시간 및 계절의 변화에 따라 실내 공간의 이용도를 조사하여 공간의 열성능이 최대가 될 수 있도록 계획하는 것도 에너지 절약에 도움이 된다. 예를 들어 아침에 이용 빈도가 높은 부엌 및 식당은 일찍부터 일사가 유입되는 동측에 배치하고 거실 등은 남측에 배치하며 침실은 서측에 배치할 수 있으나, 계절에 따라서도 여름에는 동측에 면한 공간을 집중적으로 이용하고 겨울철에는 남측 또는 서측에 면한 공간을 이용하면서 북측/동측의 공간은 완충 공간으로 남겨두는 방법도 생각할 수 있다.



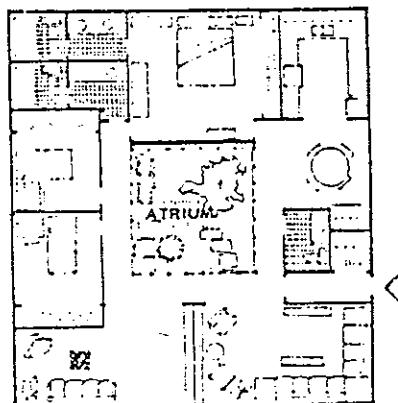
(그림 4.9) 시간 및 계절에 따른 공간의 배치

③ 아트리움의 설치

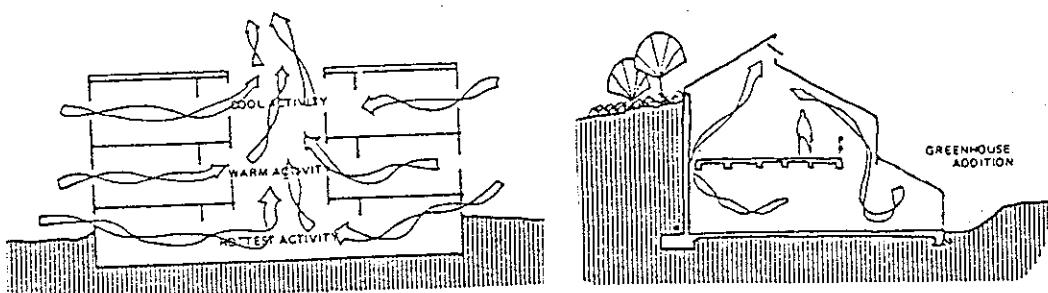
주택에서 중정(Courtyard)의 설치는 동서양을 막론하고 오래전부터 사용되어온 방법 중 하나이다. 이와 같은 중정의 개념을 확대하여 지붕을 유리로 덮힌 아트리움을 계획하게 된다면, 겨울철에는 일사를 집중적으로 모아 주변 공간에 분배하는 역할을 하게 되고, 여름철에는 아트리움의 굴뚝효과(stack effect)를 이용하여 자연 통풍의 냉각 효과를 이용할 수 있는 적극적인 설계방법이 될 수 있다.

④ 공간의 수직적 죄닝(Vertical Zoning)

내부 공간을 수직적으로 적절히 죄닝함으로서 공간 사이의 열분배에 평형을 이룰 수 있고 자연형 냉난방(Passive Heating and Cooling)효과를 도모할 수 있다. 난방 에너지 소비가 많은 지역에서는 열발생이 많은 공간을 건물의 하층부에 설치함으로써 더운 공기가 대류에 의해 상층부로 분배될 수 있도록 하고, 냉방 에너지 소비가 많은 지역에서는 반대로 열발생이 많은 공간을 지붕에 면하도록 하는 것이 효과적이다.



(그림 4.10) 아트리움의 설치



(그림 4.11) 공간의 수직적 죄닝

제 5 장 주택의 에너지성능 예측 및 효율등급 설정

5.1 개 요

주택의 에너지 효율 등급을 설정하기 위해서는 건물의 에너지 성능을 정밀하게 분석하여 에너지 소비량을 예측하는 것이 필수적이다. 건물의 에너지 성능을 분석하는 방법은 여러가지가 있을 수 있으나 가장 신뢰성이 높은 방법은 타당성이 증명된 정밀 에너지 해석 컴퓨터 프로그램을 이용하는 것이다. 그러나, 대부분의 정밀 해석 프로그램은 건물 에너지 분야의 전문가를 위하여 작성된 것들로서 주택의 설계자나 개발업자는 물론 관련 공무원이나 일반 구매자들이 복잡한 에너지 해석 알고리즘을 이해하고 수많은 입력 변수를 추출한 후 컴퓨터를 조작하여 출력값을 분석한다는 것은 무리한 요구일 뿐 아니라 현실적으로 불가능한 일이다. 따라서, 본 연구에서는 주택의 에너지 성능을 분석하는 방법론의 하나로서 : 1) 주택의 에너지 소비에 영향을 미치는 에너지 요소(Energy Factor)를 조사하고, 2) 다양한 주택의 신축 설계도면을 이용하여 광범위한 주택의 종류에 대한 에너지 성능 분석을 정밀 해석 컴퓨터 프로그램을 이용하여 실시한 후, 3) 그 결과를 다중 회귀분석의 통계적 방법으로 처리하여 몇 가지 중요한 에너지 요소(Energy Factor)만으로 주택의 에너지 성능을 예측할 수 있는 회귀 모델을 도출하였다. 이와 같은 방법론은 아직까지 우리나라에서는 적용을 시도한 바 없으나 미국에서는 여러 연구 논문에서 적용된 적이 있으며 실제 연구²⁾에서도 시도되어 타당성이 인정된 바 있다.

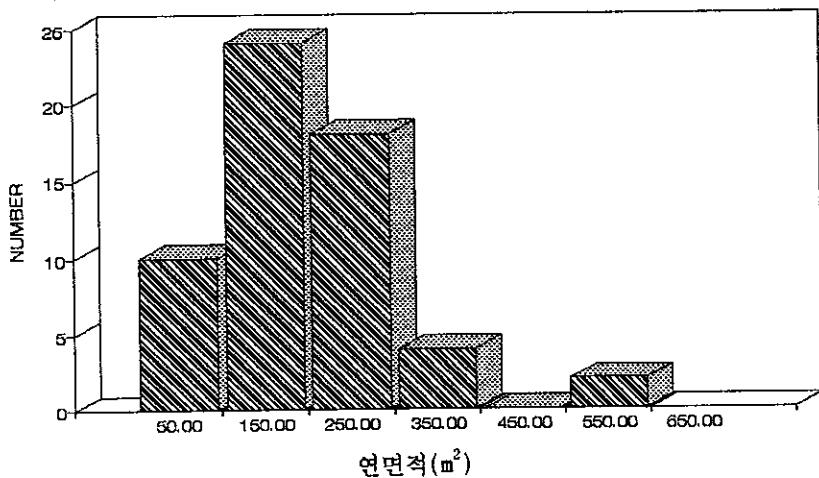
2) E. Rhee and K. Brandle, Energy Management and Retrofitre Reiaab Project, University of Michigan, 1983

5.2 대상 주택의 선정

서울, 경기지역에 있는 단독주택 58개를 선정하여 설계도면을 중심으로 우선 층별 zoning을 한 뒤 각각의 zone에 대하여 바닥면적당 연간난방부하량($MJ/m^2\text{yr}$)을 구하였다.

i) 대상주택들의 분포

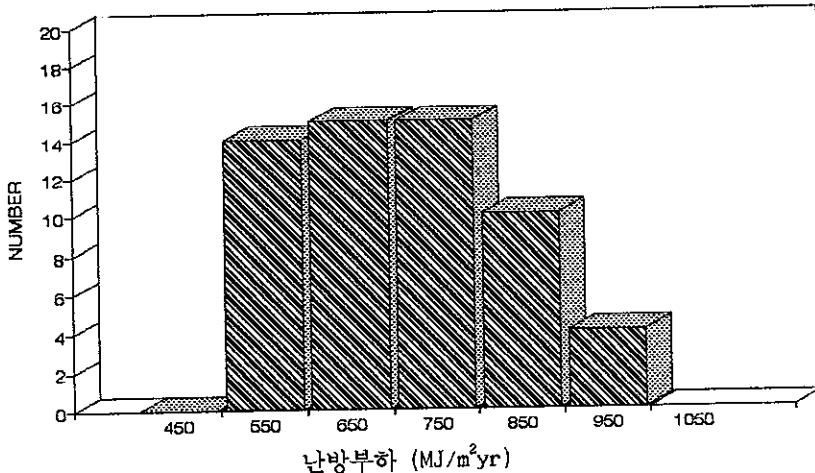
대상주택들의 특성을 살펴보면 연면적 $100\sim200m^2$, 2층 규모가 가장 많았으며 전용 주택지에 위치한 고급 주택은 전체의 약 12%를 차지하였다. 천창이 있는 경우는 대부분이 단층이고 내벽량이 아주 적은 Open Plan인 경우도 있다. 3층 규모인 경우는 대개 1층이 반지하이거나 경사지에 위치하여 1층의 일부분이 지면과 접해 있으며 대지 크기가 작아서 1층 면적이 $50m^2$ 이하인 경우가 많았다.



(그림 5.1) 대상주택의 연면적 분포

ii) 난방부하의 특성

대상주택들의 난방부하는 $600\sim 800\text{MJ/m}^2\text{yr}$ 정도의 소비량을 갖는 경우가 전체의 52%를 차지하며 최대치는 $987\text{MJ/m}^2\text{yr}$, 최소치는 $510.7\text{MJ/m}^2\text{yr}$ 이다.



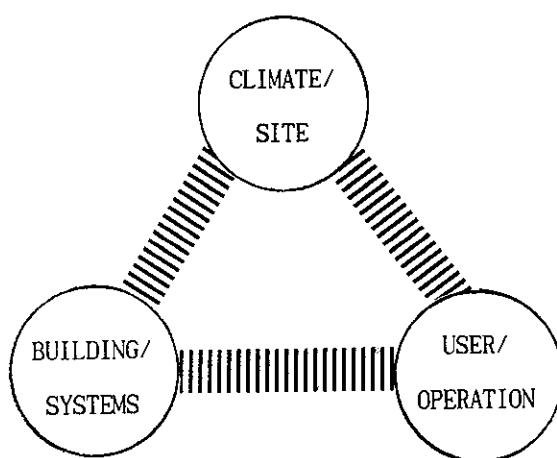
(그림 5.2) 난방부하의 분포

5.3 변인의 추정

5.3.1 변인의 추정

건물의 에너지 소비에 영향을 미치는 에너지 요소는 크게 (그림5.3)와 같이 구분될 수 있다. 여기서 기후/대지요소(CLIMATE/SITE)는 각종 조경을 이용하여 일부 미세기후요소의 조정이 가능하지만 대부분은 주어진 조건으로서 건축설계를 통하여 변화되기 어려운 요소이다. 한편 사용자/운영(USER)의 요소는 건물의 입주후 생활관습이나 운영패턴의 변화를 통하여 나타나는 것으로서 역시 건축 설계를 통하여 조절하는 것은 아니다. 그러나 건물/설비시스템(BUILDING/SYSTEMS)의 요소는 대부분 건축설계시 설계자의 에너지 절약 설계 기법에 의해 조절이 가능한 요소이다.

본 연구에서는 건물의 에너지 소비에 영향을 미치는 변인을 추정함에 있어서 건축계획과 관련된 각종 건물 요소(BUILDING)들을 추출하였으며 설비시스템부분(SYSTEMS)은 일단 건축설계를 통하여 건물의 에너지 부하가 결정되면 이 부하를 해결하기 위한 수단으로 간주하여 고려 대상에서 제외되었다. 또한 에너지 부하를 산정함에 있어 냉방부하는 현실적으로 아직 큰 문제가 되지 않는 것으로 판단하여 분석에서 제외하였으나 앞으로의 연구에서는 냉방부하에 대한 고려가 필요할 것이다.



(그림 5.3) Energy Factors

<표 5-1> 건축요소와 변인의 추정

ENERGY FACTOR		변 인	Quick 의 입력 변수
S I T E	부지특성	주변에 수원 또는 숲이 있는가	MICROCLIMATE
		도심지인가 전원주택인가	
		높은지대인가 낮은곳인가	
	경사도	내지의 방향 (N E S W)	MICROCLIMATE
	식 생	위치, 종류, 방풍림유무	Shading Factor, 침기율
		N E S W	북접을 기준으로 0-360도
BUILDING SHAPE	규 모	접지면적	지하벽의 면적, 재료의 LAYER
		층수, 연면적, 난방면적	층수, 연면적, 난방면적
		난방면적/연면적	
		층고	층고
	천정	천정고	바닥의 LAYER와 그 두께
		천정내 공기층의 두께	
FENESTRA -TION	체 적	체적	체적
	외피면적	외피면적	외벽 및 창, 문, 지붕면적
	형태비	장변과 단변의 비율	향에 따른 벽의 면적
	현 관	위치, 구조, 방풍계획	문의 LAYER및 그 두께
		재료적 특성	반사율, 흡수율, 투과율
	창면적/벽면적	전체벽면적에 대한 창의 면적	
WALL DESIGN	창면적비	바닥에 대한 창의 면적(N E S W)	
	방위별 창의 크기	전체에 대한 방위별 창의면적	향에 따른 벽, 창문의 면적
	창의 구조	창틀재료, 단창, 2중창, 3중창	각각의 재료 LAYER와 그 두께
	창의 개폐방식	덧문유무	
		미닫이, 여닫이	침기율
		Shading Devices	Shading Factor
ROOF & FLOOR	유리의 종류	반사율, 흡수율, 투과율	반사율, 흡수율, 투과율
	표면상태	반사율, 흡수율, 색, 질감	반사율, 흡수율
	재료의 특성	비열, 열전도율, 열용량	MATERIAL SHEETDML 입력 (비열, 열전도율, 열용량)
	단 열	위치, 두께, 단열값	
	지붕재료	비열, 열전도율, 방사율, 열용량	각각의 재료 LAYER와 그 두께
	지붕형태	박공지붕, 평지붕, 땅사드지붕	지붕의 LAYER
INTERIOR DESIGN	천 창	위치, 유리종류, 열관류율	반사율, 흡수율, 투과율, 열관류율
	지붕표면상태	천창면적/지붕면적	면적의 입력
		색, 질감, 흡수율, 반사율	색, 질감, 흡수율, 반사율
	Shading Factor	Shading Factor	Shading Factor
	바 닥	외부환경에 노출되었는가	INTERMEDIATE 여부
	바닥재료	반사율, 흡수율, 비열, 열전도율, 열용량	반사율, 흡수율, MATERIAL SHEETDML 입력
	완충공간	열적완충공간이 고려되었는가	
	내벽량	간막이벽량	내벽량
	Zoning	층별, 방위별, 부하특성, 사용시간	

다음은 앞에서 추출한 50여개 변인들중 주요 변인들의 적용범위이다.

〈표 5-2〉 주요변인들의 적용범위

변 수	적 용 범 위	변 수	적 용 범 위
향	-40 ~40도(정남기준)	내벽량	0.08 ~0.60(바닥면적당)
장단변비	0.8~3.4(북측/동측)	창면적비*	N : 4~51 (%)
총 수	1 ~ 3 층		E : 4~68 (%)
총 고	2.4 ~ 4.1M		S : 5~54 (%)
천정고	2.2 ~ 2.7M		W : 0~73 (%)
V/F비	2.7~3.64(바닥면적당)		N : 13~61 (%)
S/F 비	1.38 ~ 3.65		E : 5~61 (%)
표면흡수율	지붕: 55~ 90(%)		S : 10~61 (%)
	벽체: 60~ 70(%)		W : 0~56 (%)
	창 : 8 ~ 14(%)	차폐계수	지붕 : 0 ~ 45(%)
	문 : 14~ 90(%)		벽체 : 11~ 45(%)
투과율	유리: 57~ 70(%)		창문 : 11~ 40(%)
침기율	0.6 ~ 1.5 ACH		문 : 11~ 45(%)
천창 면적비	0.02~0.7(지붕면적당)	접지 면적비	0~35% (외피면적당)

* 창면적비= 창면적/벽면적

* 방위별 창비율 = 특정 방위에서의 창면적/전체창면적

5.3.2 DATA File의 작성

앞에서 추정한 설계 변인들을 QUICK 입력변수로 다시 CODE화하여 DATA LIST FILE을 작성하였다. 대부분의 변인은 양적 변수이므로 그대로 입력하였으며 향과 장단변비에 대한 변수는 서열척도화 하였다.

〈표 5-3〉 향에 대한 서열척도

각도*	0	1 ~ 10	-1 ~ -10	11 ~ 20	-11 ~ -20	21 ~ -30	-21 ~ -30	31 ~ 40	-31 ~ -40	41 ~ 50	-41 ~ -50
서열척도	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

* 정남쪽에 대하여 기울어진 각도

5.4 에너지소비와 변인과의 상관관계

5.4.1 주요 변인들의 분포

앞에서 추정한 50여개의 변인들 중 주요 변인들의 분포 특성을 살펴보자면 다음과 같다.

<표 5-4 주요 변인들의 분포>

변인	특성		Bar Chart
	평균값	편차	
단위면적당 체적비 (VF)	평균값	2.938	
	편 차	0.288	
	최 소	2.13	
	최 대	3.64	
외피면적비 (SFB)	평균값	1.988	
	편 차	0.43	
	최 소	1.38	
	최 대	3.69	
충고	평균값	2.827	
	편 차	0.263	
	최 소	2.4	
	최 대	4.1	
북 측 창면적비	평균값	14.6	
	편 차	10.53	
	최 소	5	
	최 대	51.28	
북 측 창비율	평균값	21.063	
	편 차	10.8	
	최 소	4	
	최 대	54.4	
창의 투과율	평균값	67	
	편 차	9.54	
	최 소	30	
	최 대	79	

변인	특성	Bar Chart
침기율 (ACH)	평균값	1.017
	편 차	0.187
	최 소	0.5
	최 대	1.5
단위체적당 외피면적비 (SV비)	평균값	0.674
	편 차	0.126
	최 소	0.45
	최 대	0.95
장단변비	평균값	1.598
	편 차	0.705
	최 소	0.07
	최 대	4.67
남 측 창비율	평균값	44.642
	편 차	16.671
	최 소	5.7
	최 대	78.33
벽체의 열관류율	평균값	1.396
	편 차	0.195
	최 소	0.975
	최 대	1.89
지붕의 열관류율	평균값	0.396
	편 차	0.133
	최 소	0.057
	최 대	0.755

5.4.2 단순 상관관계

난방부하와 각 변인과의 관계를 SPSS를 이용하여 분석한 결과 각 변인의 난방부하에 대한 상관관계는 다음과 같다.

〈표 5-5〉 각 변인과 난방부하간의 단순 상관관계

향	0.1705 (P=0.1)	장단 변비	-0.0022 (P=0.493)	첨기량*	0.5236 (P=0.000)	내벽량	0.0014 (P=0.496)
SVB)*	0.1952 (P=0.071)	VF비)*	0.5961 (P=0.000)	SFB)*	0.3869 (P=0.001)	창문 투과율	-0.07 (P=0.3)
충수*(규모)	-0.4422 (P=0.000)	충고*	0.3540 (P=0.003)	천정고*	0.3233 (P=0.007)	접지 면적비	0.2523 (P=0.028)
천창 면적비	0.2425 (P=0.033)	지붕 면적비	0.1819 (P=0.086)	지붕 흡수율	-0.0518 (P=0.35)	지붕 SF	0.155 (P=0.122)
창문 흡수율	0.1724 (P=0.098)	문 흡수율	-0.27 (P=0.02)	벽체 흡수율	0.0757 (P=0.286)	벽체 SF	-0.2655 (P=0.022)
북측 창면적비	0.077 (P=0.283)	동측 창면적비	0.0082 (P=0.476)	남측 창면적비	0.0052 (P=0.485)	서측 창면적비	-0.0407 (P=0.381)
북측 창비율	0.0672 (P=0.308)	동측 창비율	0.0139 (P=0.459)	남측 창비율	-0.0309 (P=0.409)	서측 창비율	-0.0647 (P=0.315)
북측 개구 면적비	0.0336 (P=0.401)	동측 개구 면적비	0.0026 (P=0.492)	남측 개구 면적비	0.0386 (P=0.387)	서측 개구 면적비	-0.0694 (P=0.302)
북측 창면적비	0.1181 (P=0.189)	동측 창면적비	0.0218 (P=0.436)	남측 창면적비	0.01278 (P=0.17)	서측 창면적비	-0.0099 (P=0.471)
벽체의 열관류율	0.2100 (P=0.133)	지붕의 열관류율	0.2153 (P=0.127)	창의 SF	0.2655 (P=0.022)		

(단, 여기서 P는 유의도를 나타냄)

난방부하와 각 변수와의 관계를 SPSS로 분석한 결과 많은 설계요소들 중에서 난방부하와의 상관성이 비교적 높은 변수(유의도 P³)가 0.01이하인 변수)들은 침기율, V/F비, SF비, 층고, 천정고, 층수 등인데 침기율, V/F비, SF비, 층고, 천정고 등은 그 값이 커질수록 난방부하가 증가하고 반면 층수는 그 값이 커질수록 난방부하의 값은 감소하는 것으로 나타났다. 여기서 층수에 대한 상관관계가 난방부하에 대하여 부(-)의 관계를 나타내는 것은 ‘바닥면적당의 난방부하’로 계산하였기 때문에 층수가 커질수록 외피면적비율이 감소하기 때문인 것으로 판단된다.

5.5 주택의 에너지 소비 예측 모델

5.5.1 회귀분석 (Regression Analysis)

앞의 결과는 단순 상관관계로서 건물의 부하에는 여러가지 변수가 서로 연관되어 복합적으로 작용하고 있으므로 계수의 크기만큼 그대로 난방부하의 변화에 작용한다고는 볼 수 없다. 그러므로 여기서 추정한 주요변인들로 다시 편상관관계를 알아보고 회귀방정식을 도출하였다.

3) 유의도(Level of Significance)란 통계학적 의미로 제 1종 오류(Type-I error)를 범할 확률을 나타내며 유의도 0.01이란 상관관계가 있음에도 불구하고 이를 없다고 부정하는 확률이 1%인 것을 말한다.

i) 주요 변인과 난방부하의 편상관관계(Partial Correlation)

상관계수는 두 변수간의 상관 관계를 나타내는 단순 상관계수 (Simple Correlation Coefficient)와 하나의 변수와 두 변수 이상의 변수간의 상관관계를 나타내는 다중 상관계수(Multiple Correlation Coefficient), 그리고 다른 변수들의 상관관계를 통제하고 (다른 변수들과 같이 변하는 부분을 제외하고) 순수하게 두 변수간의 상관관계를 나타내는 편상관관계(Partial Correlation Coefficient)가 있다.

단순상관관계에서 유의도 0.01이상의 변수는 침기율, VF비, SF비, 천정고, 측고, 충수등으로 나타났는데, 편상관관계를 유의도 0.05에서 살펴보면(그림 5.4) 와 같다.

단, (그림 5.4)에서

RAB : 지붕의 표면흡수율	INT : 내벽량(바닥면적당)	SWSF : 남측벽 차폐계수
DAB : 문의 흡수율	CH : 천정고	RSF : 지붕의 차폐계수
OS : 남측 개구면적비	WINTR : 창의 투과율(%)	SV : 체적에 대한 외피면적비
VF : 바닥면적당 체적비	WF : 서측 개구면적비	NT : 북측창비율
WINAB : 창의 흡수율	ST : 남측창비율	RF : 지붕면적(바닥면적당)
GAREA : 접지면적 (외피면적당)	N : 북측 창비율	WAB : 벽체의 표면 흡수율
DIC : 향	TR : 천창비(지붕면적당)	ACH1 : 침기율 (ach)
ET : 동측창비율	OE : 동측 개구면적비	WINSF : 창의 차폐계수
LW : 장단면비	FLR : 충수	EF : 동측창면적비(바닥면적당)
H : 층고	NF : 북측창면적비(바닥면적당)	OW : 서측 개구면적비
S : 남측 창면적비	SF : 남측 창면적비(바닥면적당)	E : 동측 창면적비
ON : 북측 개구면적비	WT : 서측 창비율	SAF : 바닥면적당 외피면적비

Variable	Correl	Part Cor	Partial
RAB	-.03319	-.01650	-.07125
INT	-.01601	.10837	.42484
W	-.11646	.02671	.11491
SWSF	.03595	.04751	.20151
DAB	-.26291	-.00794	-.03438
CH	.31702	.00366	.01583
RSF	.15293	.11429	.44357
OS	.01039	.09201	.37014
SV	.21312	.14914	.54253
WINTR	-.11159	.02685	.11551
VF	.55426	.21683	.68451
WF	-.00839	.03806	.16263
NT	.08400	.03936	.16801
WINAB	.08326	-.00886	-.03833
ST	-.08990	-.13873	-.51497
RF	.16631	.02452	.10559
GAREA	.15752	.01178	.05097
N	.06102	-.03009	-.12922
WAB	.07282	-.01216	-.05260
DIC	.09078	.00489	.02116
AREA	-.10184	.10252	.40578
TR	.25345	.05229	.22085
ACH1	.43816	.19627	.64763
ET	.01532	.03610	.15446
OE	.01644	.02457	.10579
WINSF	-.26882	-.07582	-.31194
LW	-.02666	.00534	.02311
FLR	-.45388	-.09935	-.39521
EF	.00595	-.04352	-.18519
H	.34645	-.07598	-.31255
NF	.11673	.04189	.17848
OW	-.05950	-.01086	-.04696
S	-.06496	.02506	.10789
SF	.11973	-.01095	-.04736
E	-.00072	-.03770	-.16114
ACH2	.05118	.06191	.25897
ON	.00972	-.05130	-.21686
WT	-.12502	-.06397	-.26695
SAF	.38552	-.11382	-.44209

(그림 5.4) 각 변수와 난방부하간의 편상관관계

ii) 회귀분석의 과정

회귀분석(Regression)이란 종속변수의 변화를 독립변수들의 조합으로 설명하려는 분석기법이다. 회귀분석의 기본가정 : 1) 종속변수의 오차항의 분산이 모든 독립변수값에 동일하여야 한다(Homoscedasticity). 2) 오차항의 상관관계가 없어야한다(Independence of Error). 3) 오차항이 평균은 0이며 분산은 일정규분포를 이루어야한다(Normality). 4) 독립변수들간의 상관관계가 없어야한다(Nomulticollinearity).

다음은 단계별 투입방식에 의한 다중 회귀방정식이다.

Variable(s) Entered on Step Number
7.. DAB

Multiple R	.91425
R Square	.83586
Adjusted R Square	.81288
Standard Error	53.21008

Analysis of Variance		DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression		7	720886.92773	102983.84682
Residual		50	141565.61432	2831.31229
F =	36.37319		Signif F = .0000	

* * * * M U L T I P L E R E G R E S S I O N * *
Equation Number 1 Dependent Variable.. LOAD1

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
VF	276.43774	28.28840	.64611	9.772	.0000
ACH1	404.38606	41.44608	.61623	9.757	.0000
SV	445.93478	60.00109	.45659	7.432	.0000
WINTR	-3.43984	.87619	-.26697	-3.926	.0003
WINAB	-11.96779	3.30470	-.23961	-3.621	.0007
WSF	-2.53811	.77084	-.19376	-3.293	.0018
DAB	-1.09879	.37168	-.18447	-2.956	.0047
(Constant)	-331.84351	107.83643		-3.077	.0034

(그림 5.5)Stepwise방법에 의한 다중회귀분석

단계별 투입방식을 실시하면 유의성이 높은 변수순으로 순차적으로 회귀식에 포함시키다가 설명력을 통계적으로 유의한 수준이상으로 개선시키지 못하는 변수는 자동으로 탈락시키고 분석을 종결하게 된다.

(그림 5.5)에 의하면 ACH VF SV WINTR WINAB WSF DAB 순으로 주요변인들이 추출되었다. 그러나 여기서 주의할점은 비록 상관관계와 유의성이 높아서 선정된 변수라 하더라도 자료의 우연성에 의한 오류가 있을 수 있음을 간과해서는 안된다. 예를 들어 외표면의 표면흡수율은 벽체의 일사취득량에 영향을 미치므로 난방부하와 상관관계가 비교적 높다. 그럼에도 본 연구의 DATA 분석에서는 벽체의 흡수율(WAB)대신 문의 흡수율(DAB)이 중요한 변수로 선택되었다. 그 이유는 벽체의 흡수율에 대한 변량은 거의 없는데 비하여 문의 흡수율은 대상주택에 따라서 변화폭이 크기 때문에 표면흡수율에 관계된 변인들 중 상관관계가 좀더 높게 나타나는 문의 흡수율(DAB)이 채택된 것이다. 그러므로 문의 흡수율을 다중 회귀방정식의 독립변수로 채택하는 것은 옳지 않다.

다음은 Forword방식⁴⁾과 Backword⁵⁾방식에 의한 회귀방정식이다.

* * * * M U L T I P L E R E G R E S S I O N * * *						
Equation Number 1 Dependent Variable.. LOAD1						
----- Variables in the Equation -----						
Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T	
VF	276.43774	28.28840	.64611	9.772	.0000	
ACH1	404.38606	41.44608	.61623	9.757	.0000	
SV	445.93478	60.00109	.45659	7.432	.0000	
WINTR	-3.43984	.87619	-.26697	-3.926	.0003	
WINAB	-11.96779	3.30470	-.23961	-3.621	.0007	
WSF	-2.53811	.77084	-.19376	-3.293	.0018	
DAB	-1.09879	.37168	-.18447	-2.956	.0047	
(Constant)	-331.84351	107.83643		-3.077	.0034	

(그림 5.6)Forword방식에 의한 회귀방정식

4)유의도가 큰 변수부터 순차적으로 회귀식에 입력해가는 방식

5)유의도가 작은 변수들을 순차적으로 탈락시켜가면서 회귀식을 완성

* * * * M U L T I P L E R E G R E S S I O N * *

Equation Number 1 Dependent Variable.. LOAD1

Variable(s) Removed on Step Number
57.. GAREA

Multiple R .95016
R Square .90280
Adjusted R Square .86149
Standard Error 45.77998

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	17	778620.27791	45801.19282
Residual	40	83832.26414	2095.80660

F = 21.85373 Signif F = .0000

* * * * M U L T I P L E R E G R E S S I O N * *

Equation Number 1 Dependent Variable.. LOAD1

----- Variables in the Equation -----					
Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
VF	463.88259	73.06890	1.08422	6.349	.0000
SV	1201.41975	267.78125	1.23013	4.487	.0001
ACH1	353.94353	38.78027	.53936	9.127	.0000
WINSF	-2.64375	.85600	-.20183	-3.088	.0036
TR	191.45950	80.27103	.14346	2.385	.0219
DAB	-.81217	.38916	-.13635	-2.087	.0433
RSF	1.85727	.72373	.19057	2.566	.0141
RF	128.07421	54.85788	.18305	2.335	.0247
SF	2.72290	1.16521	.21032	2.337	.0245
WINAB	-7.60478	4.18918	-.15226	-1.815	.0770
ST	-4.17054	.76143	-.56524	-5.477	.0000
EF	-6.78164	3.21535	-.14525	-2.109	.0412
H	-89.13617	49.49213	-.19093	-1.801	.0792
OS	1.45948	.53028	.22466	2.752	.0089
N	-2.69668	.91492	-.23091	-2.947	.0053
WT	-2.66785	.85327	-.24288	-3.127	.0033
SAF	-295.05296	89.12345	-1.03134	-3.311	.0020
(Constant)	-684.90137	172.93388		-3.960	.0003

(그림 5.7) Backword 방식에 의한 회귀방정식

iii) 회귀모델

앞에서 기술한 단순상관관계, 편상관관계, 회귀분석의 3가지 방식 모두를 종합하여 볼때 주택의 난방부하에 영향을 미치는 주요변인들은 ACH, VF, SAF, WINTR, LW, ST 순으로 나타났다. 이 변인들을 독립변수로 하여 동시투입법에 의한 다중회귀분석을 실시하면 다음과 같다.

* * * * M U L T I P L E R E G R E S S I O N * * *

Equation Number 1 Dependent Variable.. LOAD1

Multiple R .84818
R Square .71941
Adjusted R Square .68640
Standard Error 68.88451

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	6	620453.71238	103408.95206
Residual	51	241998.82967	4745.07509

F = 21.79290 Signif F = .0000

* * * * M U L T I P L E R E G R E S S I O N * * *

Equation Number 1 Dependent Variable.. LOAD1

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
ST	-1.24531	.56954	-.16878	-2.187	.0334
LW	-18.71404	7.55585	-.19936	-2.477	.0166
ACH1	377.35677	53.85497	.57504	7.007	.0000
SAF	130.12293	24.13287	.45484	5.392	.0000
VF	178.80083	35.04144	.41790	5.103	.0000
WINTR	-4.61676	1.11675	-.35832	-4.134	.0001
(Constant)	-34.81479	123.25656		-.282	.7787

End Block Number 1 All requested variables entered.

(그림 5.8)난방부하에 대한 회귀식

(그림5.8)에 의하면 종속변수의 전체설명력 R Square는 0.72로 나타났으며 분산 분석표를 보면 회귀식의 자유도는 6, 회귀식에 의해 설명되는 분산은 620453.71이다. 또한 유의도(Signif F)는 0.000으로서 유의성이 있는 것으로 나타났는데, 유의도의 값이 작으면 회귀식의 설명력이 좋은 것으로 볼 수 있다.

변수명옆에 나타나 있는 B는 회귀계수를 의미하며 Beta는 회귀계수를 표준화한 것으로서 회귀계수의 중요도를 나타내준다. 독립변수들마다 단위가 다를 때는 회귀계수만으로는 그 중요도를 판단할수 없으므로 단위를 표준화 하여 회귀계수를 도출함으로써 독립변수들의 상대적 중요도를 나타낸다. 본 회귀모델에서 는 침기량(ACH)의 Beta값이 가장 크므로 가장 설명력이 높은 변수이다.

RELIABILITY ANALYSIS - SCALE (EFFECT)

CORRELATION MATRIX

	ACH1	VF	SAF	ST	WINTR
ACH1	1.0000				
VF	.0606	1.0000			
SAF	-.1471	.2948	1.0000		
ST	.0610	.1920	.0384	1.0000	
WINTR	.3367	-.0909	.1505	.1704	1.0000
LW	-.1788	.1643	.2383	-.0359	-.2579
LOAD1	.4382	.5543	.3855	-.0899	-.1116

LW LOAD1

	LW	LOAD1
LW	1.0000	
LOAD1	-.0267	1.0000

* * * * M U L T I P L E R E G R E S S I O N * * *

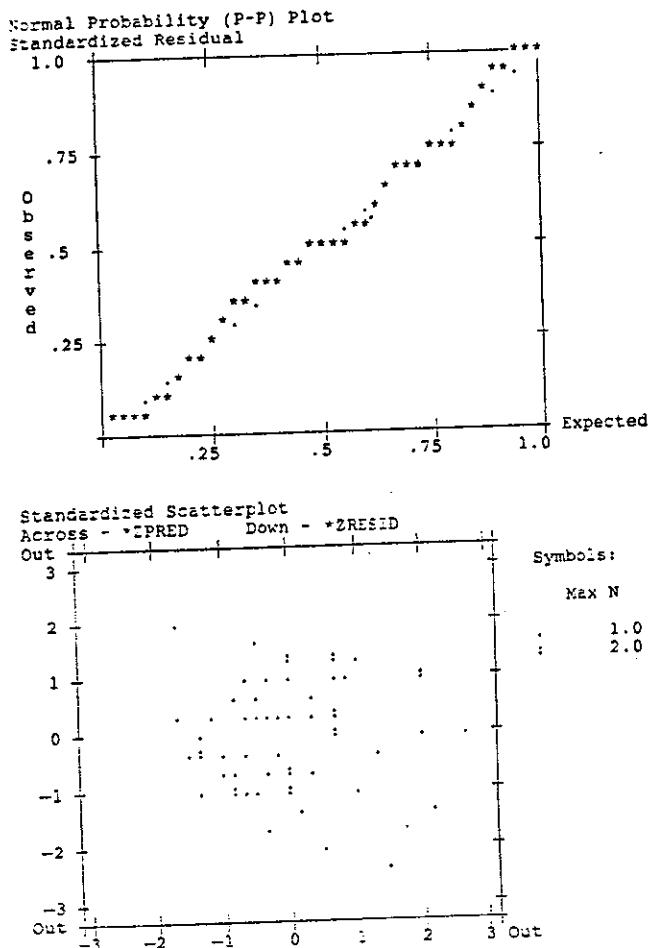
Equation Number 1 Dependent Variable.. LOAD1

Residuals Statistics:

	Min	Max	Mean	Std Dev	N
*PRED	539.8249	987.6022	716.3350	104.3319	58
*RESID	-166.4989	135.1039	-.0000	65.1582	58
*ZPRED	-1.6918	2.6000	.0000	1.0000	58
*ZRESID	-2.4171	1.9613	-.0000	.9459	58

Total Cases = 58

Durbin-Watson Test = 1.67353



(그림 5.9) 회귀분석의 검증

회귀분석에 투입된 변수들간의 상관관계를 살펴보면 독립변수들간의 다중공선성이 존재할 가능성이 없음을 알 수 있다. 오차항의 분석에 있어서 오차항을 표준화한 *ZRESID에서 평균이 0이며 편차가 1이여야 하는데 편차값이 0.94이므로 분포의 중심부분에서 약간 몰린 분포를 하고 있다. 또한 오차항간의 상관도 (Serial Correlation)을 검증하는 Durbin-Watson Test의 경우 1.67이므로 Serial Correlation은 없다($=0$). Scatter Plot를 보면 예측치(ZPRED)가 커져도 오차(ZRESID)의 분산이 커지거나 작아지지 않는 분포를 이루고 있어서 즉 0을 중심으로 고루 펴져 있으므로 오차항의 분산은 동질적인 것으로 판단된다.

5.5.2 에너지 소비 예측 모델

위의 회귀분석내용을 다중회귀방정식(Multiple Regression Equation)으로 구성하면 다음과 같다.

$$Y = 377.4 X_1 + 178.8 X_2 + 130 X_3 - 18.7 X_4 - 4.6 X_5 - 1.3 X_6 - 34.8$$

여기서, Y : 난방부하 ($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$)

X_1 : 침기율 (ACH)

X_2 : 체적비(단위면적당 전체 체적면적비)

X_3 : 외피면적비

X_4 : 장단변비

X_5 : 창의 투과율 (%)

X_6 : 남측 창비율 (%)

이 회귀식의 결정계수(R^2)는 0.72로서 변량의 변화에 대해 72%의 예측력을 가지고 있으며 나머지 28%의 변량은 기타 에너지 요소의 변화에 의한 것이다.

회귀방정식에 의하면 주택의 난방부하에 영향을 미치는 많은 변수들 중에 주택의 외피면적비 SAF, 침기율 ACH, 체적비 VF(단위면적당 전체 체적면적비), 장단변비LW, 유리창의 투과율 WINTR, 남측창비율 ST 등이 중요한 변수들로 나타났다.

물론 건물의 난방부하에 영향을 미치는 요소들은 이상의 변수들보다 훨씬 중요한 것들 즉, 벽체의 열관류율, 유리창의 열관류율, 벽체의 흡수율 등이 있다. 그러나 이를 변수가 통계분석에서 중요한 에너지 요소로 나타나지 않는 이유는 주택의 경우 단열에 관한 각종 법적 규제나 일정한 건축재료의 사용 등으로 인하여 건물간의 차이가 없이 일정한 범위에서 대부분 유사한 값을 갖고 있기 때문이다. 회귀식에 포함되지 않은 많은 변수들은 회귀식의 예측력 72%에 포함되지 않은 나머지 28%의 영향을 미치게 된다.

이 회귀식을 이용한다면 주택의 에너지 소비량을 간단한 몇가지 변수로 쉽게 예측할 수 있고, 이를 근거로 주택의 에너지 효율등급을 산정할 수 있다. 예를 들어 어떤 주택의 설계에 있어서 향은 정남향, 침기량은 0.9 ACH, 체적비는 2.7($\text{m}^3/\text{m}^2\text{flr}$), 외피면적비 2.2($\text{m}^2/\text{m}^2\text{flr}$), 장단면비 1.3, 유리창의 투과율 70%, 남측창비율 65%인 경우에 이 주택의 에너지 소비량은

$$Y = 377.4 * 0.9 + 178.8 * 2.7 + 130 * 2.2 - 18.7 * 1.3 - 4.6 * 70 - 1.3 * 65 - 34.8 \\ = 796.91 (\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{yr})$$

로 예측할 수 있다.

5. 6 에너지등급(EEL)의 산정

앞의 회귀식에서 각각의 변수의 최소값(ACH=0.7, VF=2.5, SAF=1.5, LW=-2.0, WINTR=-70, ST=-70)을 대입하면 연간 난방부하는 411.63($\text{MJ}/\text{m}^2\text{yr}$)가 산출된다. 또 에너지 절약을 고려하지 않은 가장 보편적인 형태의 건물⁶⁾(ACH=1, VF=2.9, SAF=2, LW=1.32, WINTR=70, ST=45)을 위 식에 다시 대입해보면 이때의 난방부하는 715.94($\text{MJ}/\text{m}^2\text{yr}$)이다. 그러므로 500($\text{MJ}/\text{m}^2\text{yr}$)을 기준으로 100($\text{MJ}/\text{m}^2\text{yr}$)씩 간격을 정하면 다음과 같은 에너지 효율 등급(Energy Efficiency Rating, EER)을 설정할 수 있다.

<표 5-6> 에너지 효율등급의 설정

500이하	401 ~ 500	501 ~ 600	601 ~ 700	701 ~ 800	801이상
I	II	III	IV	V	VI

(단위 : $\text{MJ}/\text{m}^2\text{yr}$)

4) 평균이상 변수들의 통계치 중에서 중앙치(Mode)

여기서 1등급은 난방부하를 최소화한 에너지 절약적인 주택이라는 것이며 4등급이상은 에너지소비가 보통 또는 보통이상이라는 의미로 해석될 수 있다.

다음은 독일의 에너지 효율 등급과 한국 에너지 기술 연구소에서 현재 연구중인 주택 에너지 성능 등급에 대한 예이다.

<표5-7> 독일의 Energie Kennzahl Zertifikat⁷⁾

0 - 40	41 - 80	81-120	121-160	161-200	201-240	241-280	281-320	321-360	361-400
I	II	III	VI	V	IV	IIIV	IIIV	XV	X

(단위 : Kwh/m²·yr²)

본 연구에서 작성한 에너지 효율등급을 독일 기준<표 5-7>과 비교해 보면 1등급에서 6등급까지가 독일의 3등급에서 5등급까지의 범위와 비슷한 것으로 나타났다. 독일의 기후대가 우리나라보다 더 넓은 것을 감안한다면 본 연구의 6단계의 등급 설정이 적합한 것으로 판단된다.

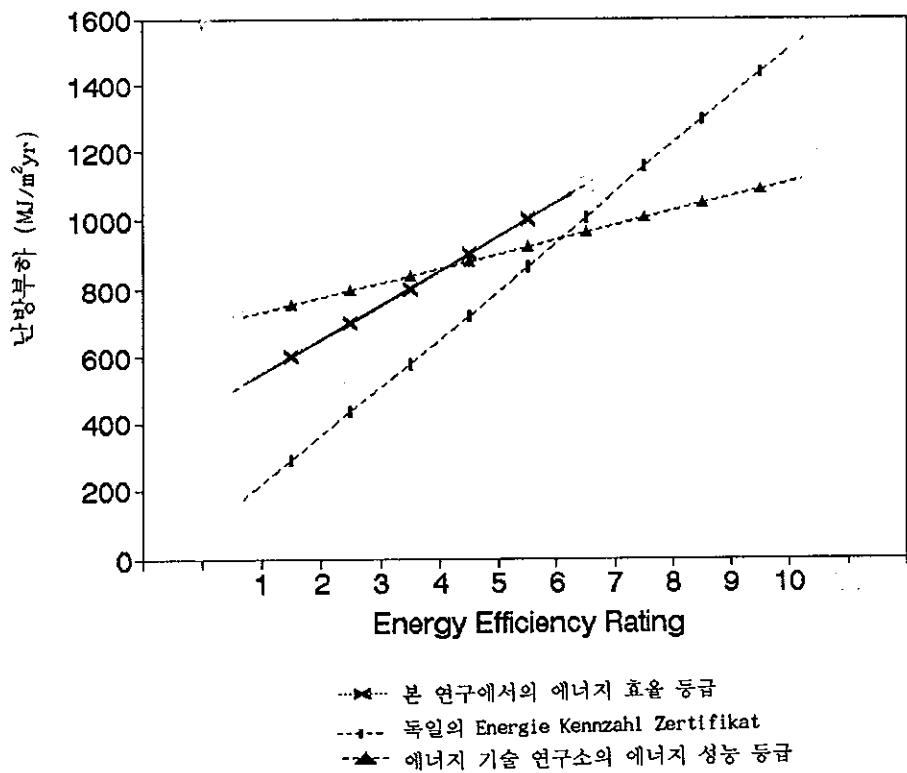
<표 5-8> 에너지 절약을 위한 주택 에너지 성능 등급 초안⁸⁾

170 이하	180 이하	190 이하	200 이하	210 이하	220 이하	230 이하	240 이하	250 이하	251 이상
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X

(단위 : Mcal/m²·yr²)

7) 8)에너지 기술연구소, 건물 에너지 이용 합리화를 위한 에너지 성능 등급 표
시제도연구, 한국 에너지 기술 연구소 연구 보고서

본 연구에서 설정한 에너지 효율등급과 <표 5-8>을 비교하여 보면 에너지 기술연구소가 표집한 주택이 본 연구 대상에 비해 1) 지역기후가 다르며 2) 본 연구에서는 제외한 설비요소에 의한 영향을 고려하였고 3) 규모 또한 대부분 단층이고 소규모인 것을 감안하면 효율 등급의 설정이 유사한 것으로 나타났다. 다음 그림은 본 연구의 에너지 효율 등급과 독일 및 에너지 기술 연구소의 기준을 비교한 것이다.



(그림 5.10) 에너지 효율 등급의 비교

제 6 장 주택의 에너지 절약 설계기법

6.1 개요

본 연구에서는 주택의 에너지 성능을 분석하는 방법론의 하나로서 다양한 주택의 설계도면을 이용하여 에너지 소비량을 정밀분석한 후, 통계기법을 이용하여 6가지의 변수, 즉 주요한 에너지 요소(Energy Factor)만으로 주택의 에너지 성능을 예측할 수 있는 회귀모델을 도출하였다. 이 회귀모델은 72%의 예측력을 갖고 있으므로 비교적 건물 에너지 소비량을 정확하게 판단할 수 있다. 또한 회귀식에 포함된 6가지의 변수의 내용 및 설계방법을 구체적으로 설명함으로서 환경 설계기법을 제시하고자 한다.

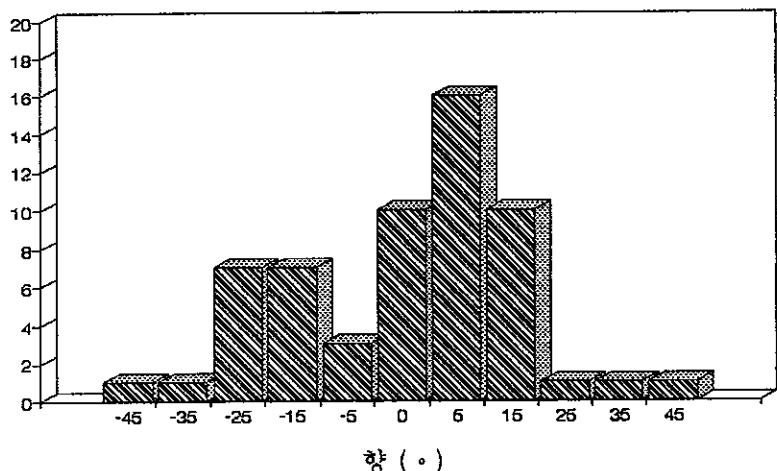
6.2 기본 조건

여기서 논의한 주택의 에너지 절약 설계기법은 다음과 같은 조건이 선행된 경우에 한한다.

6.2.1 향

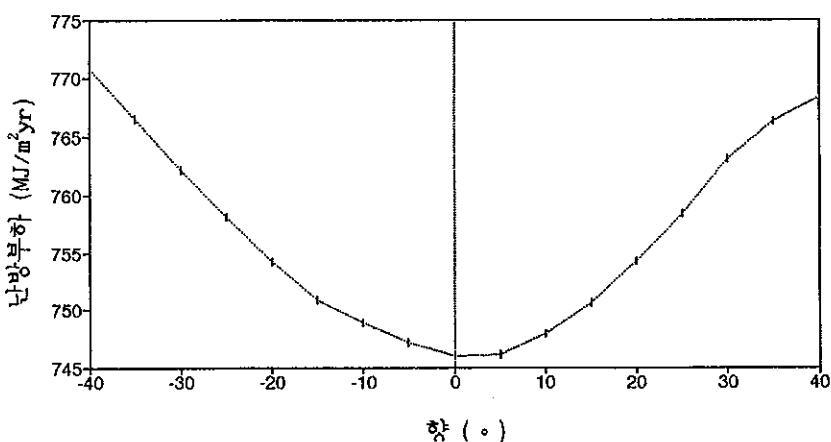
우리나라의 경우 전통적으로 남향집을 선호하기 때문에 서향이나 동향주택은 거의 없다. (그림 5.11)에서 알 수 있듯이 58개 대상주택 중에서 정남향에서 동, 서쪽으로 25도이상 벗어난 경우는 드물며 대부분 남향에서 크게 벗어나지 않았기 때문에 앞 장에서 제시된 에너지 소비 예측모델에서는 “향”이 독립변수에서 탈락되었지만 건물의 에너지 소비 및 거주자의 쾌적도에 가장 기본적이고 중요한 변수이다.

그러나 부지의 형상 및 건축주의 요구, 기타 다른 이유 등으로 건물이 남향에 서 크게 벗어난다거나 일조가 유리한 남측창보다 동측, 서측, 북측면의 창이 더 많은 경우가 있으므로 이에 대한 주의가 필요하다. 만약 건물의 향이 남동, 남서 쪽으로 25도이상 벗어나 있다면 그 건물의 난방부하는 5.4장의 회귀식에서 계산된 난방부하값보다 더 커질 수 있다.



(그림 5.6) 대상주택의 건물 향 분포

다음은 다른 변수들이 일정할 때 향과 난방부하와의 관계이다.



(그림 5.7) 향과 난방부하

6.2.2 외벽체의 열관류율과 단열

벽체의 열관류율이나 유리창의 종류 또한 주택의 난방부하에 미치는 영향이 매우 크다. 그러나 주택에 있어서 건축재료가 대부분 비슷하고(외벽체는 벽돌이나 콘크리트를, 유리창은 이중창 : 외부는 투명한 유리, 실내쪽은 무늬유리를 사용), 또 단열에 관한 각종 법적규제들로 인해 단열재의 두께도 거의 일정하기 때문에 열관류율에 대한 변수의 크기 변화가 거의 없어서 회귀식에서는 논의되지 않았다.

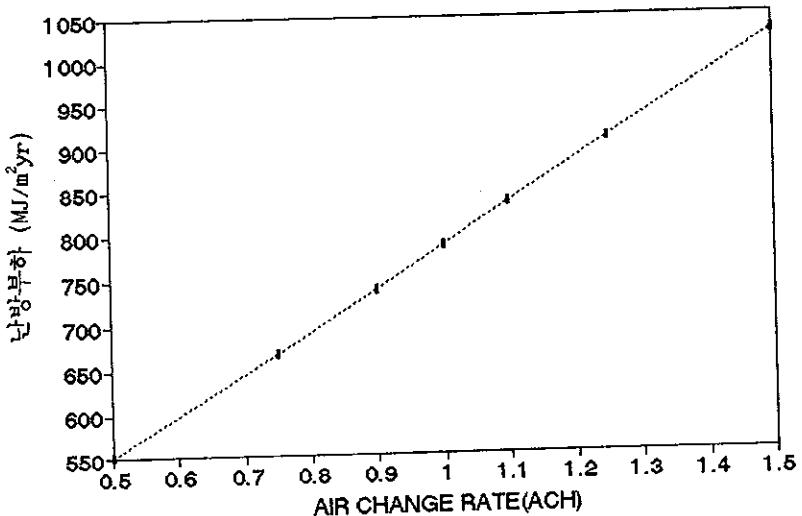
6.3 주택의 에너지 절약 설계 기법

앞 장에서 제시된 주택의 에너지 소비 예측을 위한 다중회귀식에 포함된 6가지 독립 변수들에 대한 환경 설계 기법을 제시하면 다음과 같다.

1. 침기량 (INFILTRATION)을 줄일 것

틈새 바람에 대한 조절은 조심스런 부지 선정으로부터 시작해서 방풍림의 조경, 건물의 형태 및 규모, 내부공간의 계획, 각종 디테일의 설계에 이르기까지 설계 과정의 모든 작업을 통해 이루어질 수 있다. 건물 자체는 바람에 대한 노출을 최소화하도록 하고, 지하 구조물 설치를 포함해서 상풍향을 고려하여 형태와 향이 정해진다. 건물의 기밀성에는 건물 외피의 구조와, 창문의 형태, 상태에 대한 세심한 주의가 필요하다. 틈새바람은 개폐창을 가진 건물에서 특히 주의하여야 하는데, 틈새바람은 주로 창문의 3가지 틈새 - 벽과 창문 사이, 창문틀과 창대사이, 창대와 유리 - 사이에서 발생한다.

같은 면적의 창이라도 둘레길이가 길수록 틈새바람의 양은 커지므로 작은 창을 여러 개 쓰는 것보다 큰 창 1개를 이용하는 것이 유리하고, 창틀과 문틀은 기밀한 구조를 갖는것을 선택한다. 또한 창문에는 바람막이 장치를 하거나 덧문을 설치하는 것을 고려해야 한다. 그러나 침기량이 너무 극소화되는 경우 실내 공기의 질이 악화될 우려도 있으므로 적절한 계획이 필요하다.



(그림 5.9) 침기율과 난방부하

(그림 5.9)에서 보듯이 만약 이중창 구조에 덧문을 씌운다거나 해서 침기율을 1.1(ach)에서 0.75(ach)로 줄인다면 연간 185MJ/m²의 난방부하가 감소할 것이다.

2. 단위면적당 체적을 줄일 것

- 외부환경에 노출되는 외피면적을 최소화해야 한다.

건물이 외부에 노출되는 정도를 수치화한 계수들은 VF비, S/V비, SF비, VOLUME비, POP비 등 많은 데 회귀모델에서는 이 중에서 특히 유의도가 높은 VF비(단위면적당 체적)와 SF비(단위면적당 외피면적)가 중요한 에너지 요소로 선택되었다. 물론 S/V비(단위체적당 외피면적) 역시 난방부하와 높은 상관관계를 갖지만 변수들간의 다중공선성(Multi-collinearity)이 존재하므로 제외되었다.

• 충고를 낮출 것

체적과의 상관관계가 높았기 때문에 회귀모델에서는 제외되었지만 충고도 난방부하를 줄이는데 매우 중요한 변수이다. 충고를 낮출수록 외벽면적이 감소되고 난방하여야 할 공기의 용량이 감소된다. 충고는 천정고와도 직결되는데 주택의 천정고는 특별한 경우를 제외하고는 법규가 정한 최소높이(2.1m)에서 크게 초과해서는 안된다.

3. 건물의 장면이 남측에 면하도록 할 것

장단변비는 우선적으로 향과 관계가 있다. 보통 주택인 경우 장단변비가 크면 남향에 면한 면적이 커진다. 회귀모델에서는 장단변비(LW)가 커지면, 즉 남향으로 면한 외벽의 비율이 커지면 에너지 소비가 적어지는 것으로 나타났으나 장단변비가 너무 크면 외부에 노출되는 면적이 커지기 때문에 도리어 불리해진다. 온난기후대에 속하는 우리나라의 경우 최적 장단변비는 1:1.5이다.

4. 유리창의 투과율을 크게 할 것

일사획득량은 창의 투과율과 직접적인 관계가 있는 데 우리나라 주택의 유리창의 구조는 대부분 이중창으로 외부엔 투명유리(알루미늄틀), 실내측은 무늬유리(나무틀)를 사용한다. 그러나 이중창은 투과일사량이 적을 뿐아니라 틈새바람량 또한 많다. 그러므로 창의 투과율을 높이고 틈새바람량을 줄이려면 남측창을 일반적인 이중창이 아닌 단창의 복층 유리, 혹은(투명유리 + 투명 단층유리)의 이중창을 사용하는 것이 좋을 것이다. 또한 외부 차양 장치를 적절히 설치하면 난방기간동안 일사취득을 줄이지 않으면서 여름철 냉방부하를 줄일 수 있다.

5. 남측에 면하는 창비율을 크게 할 것

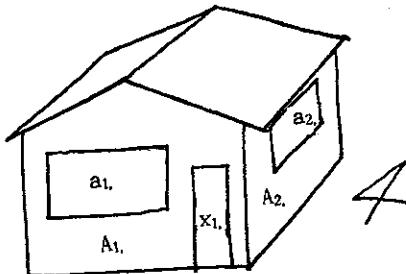
남측 창비율을 늘리면 다른 향의 창비율은 상대적으로 줄게 된다.

• 북측 창면적비를 작게 할 것

열손실이 두드러지는 창면적을 줄일수록 난방부하는 감소하게 된다. 그러나 주택규모에 비하여 과도하게 축소된 창면적은 거주자의 흐름도, 건강, 위생, 건물유지 관리상에 문제가 발생하고 자연채광, 자연환기가 주는 잇점을 이용하지 못하게 된다.

난방부하를 줄이면서 동시에 흐름도를 유지하는 방법은 북측과 동서측엔 최소한의 창면적을 주면서 비난방공간등을 배치하여 열적불균등을 완화시키고 겨울철 일사를 이용할 수 있는 남측창면적은 늘려주는 것이다.

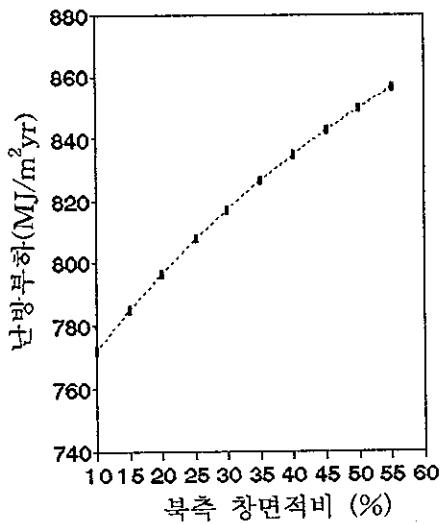
벽체와 창문 면적 비율에 대한 지표는 창면적비(바닥 면적당 그 방위에서의 창면적, 그 방위에서 벽체 면적당 창면적), 창비율(전체 창면적에 대한 그 방위에서의 창의 면적), 개구면적비(벽체 면적당 개구면적) 등이 있다. 오른쪽 그림을 예로 들자면 남측벽면에 대한 창면적비는 a_1/A_1 , 바닥면적당 창면적비는 a_1/F , 창비율은 a_1/S , 개구면적비는 $(a_1+x_1)/A_1$ 이 될 것이다.



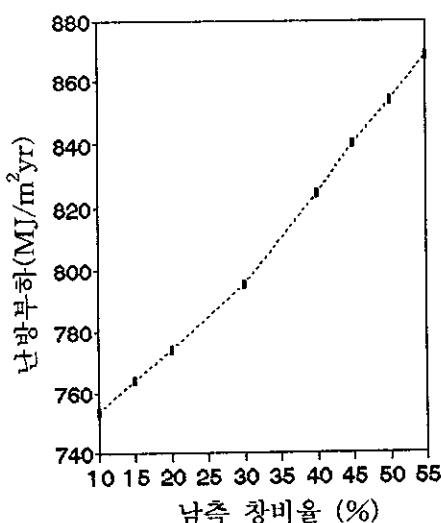
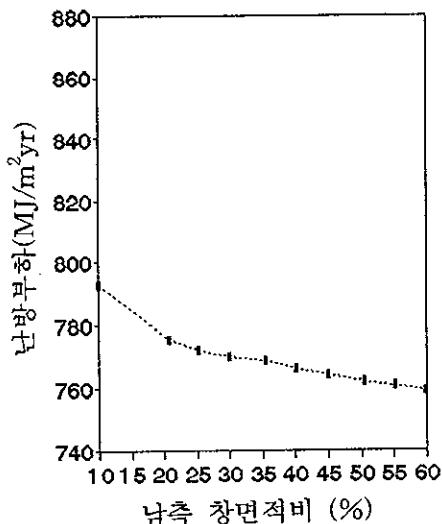
각 방위에서의 창면적 a_1
각 방위에서의 벽면적 A_1
각 방위에서의 문면적 x_1
 $S = \sum a_1$ F 바닥면적

이중에서 난방부하에 가장 큰 영향을 미치는 것은 창비율로서 그중에서 남측 창비율의 유의도가 가장 높게 나타났으며 다음이 북측 창면적비였다.

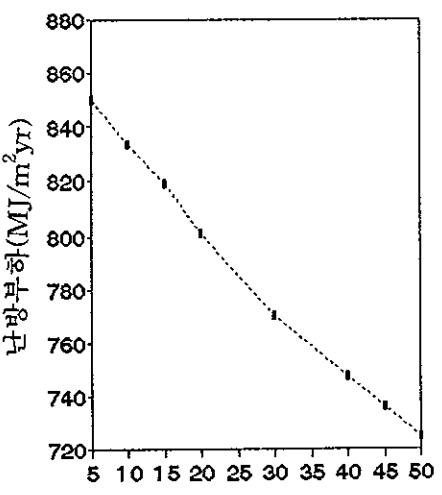
창면적비와 창비율의 변화에 따른 난방부하의 변화는 다음과 같다.



(그림 5.10) 북측 창면적비와 난방부하 (그림 5.11) 남측 창면적비와 난방부하



(그림 5.12) 북측 창비율과 난방부하



(그림 5.13) 남측 창비율과 난방부하

6. 기타 고려해야 할 사항

비록 회귀모델에는 포함되지 않았지만 난방부하와 비교적 상관관계가 높은 변수들을 분석하면 다음과 같다.

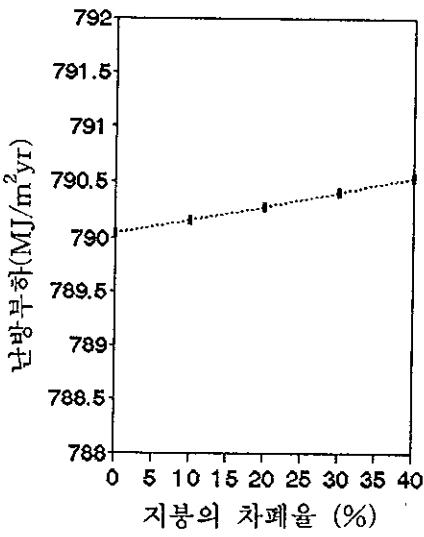
① 단층보다는 복층으로 계획할 것

층수가 커지면 바닥면적당 외피면적이 줄게 되어 에너지 절약에 도움이 된다. 그러므로 단층보다는 2-3층이 유리하며 또 대지가 경사지인 경우에 1층 일부를 복토한다던지 1층을 반지하로 하는 것도 고려하여야 한다.

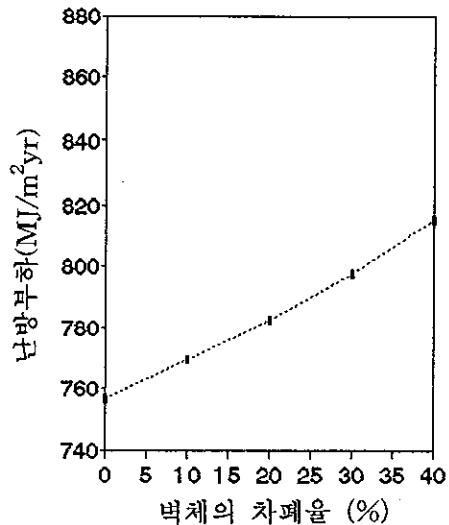
② 벽체의 차폐율(Shading Factor)을 줄일 것

여름동안 식수나 기타 건축 요소들로 인하여 건물에 드리워지는 그늘(Shade)은 냉방부하를 줄일 수 있다. 그러나 겨울철에 발생하는 벽체의 그늘은 일사회득을 차단하여 난방부하를 증가시키므로 특히 겨울철엔 남측벽의 차폐율을 작게 해야 난방부하의 값을 줄일 수 있다. 여름에는 남측 벽체에 그늘을 드리우는 겨울철에는 일사에 노출될수 있도록 하는 방법 중 가장 유효한 것은 낙엽수(활엽수)를 남면에 식재하는 것이다. 그 밖에도 적절한 외부 차양 장치를 설치하는 것이 바람직하다.

다음은 같은 조건에서 벽체의 Shading Factor와 지붕의 Shading Factor를 각각 변화시켰을 때 난방부하의 변화량이다.



* 지붕 Shading Factor = 0



* 벽체의 Shading Factor=25%

(그림 5.14) 벽체의 차폐계수와 난방부하 (그림 5.15) 지붕의 차폐계수와 난방부하

(그림 5.14)와 (그림 5.15)를 비교해 보면 지붕의 차폐율보다는 벽체의 차폐율이 난방부하와의 더 큰 관계를 가지는데 그 이유는 지붕의 면적이 벽체보다 작기 때문이기도 하겠지만 그보다는 태양고도의 연간변화가 수평면인 지붕보다는 수직면인 벽체에 더 큰 영향을 미치기 때문이다.

③ 지중건축

1층의 일부가 반지하, 또는 지하인 경우 에너지 손실은 크게 줄게 된다. 주택의 일부층을 지하에 두는 것은 경사지가 많은 우리나라의 대지 조건에도 부합될 뿐 아니라 적절한 설계를 한다면 지하공간의 환경, 위생, 심리적 문제들을 해결할 수 있다. 예를 들어 잘 설계된 DRY AREA는 지하공간의 단점인 자연채광, 자연환기의 불리, 결로 발생 문제를 해결할 수 있고 에너지 절약뿐아니라 소음차폐 등의 지하공간으로서의 잇점을 잘 이용할 수 있을 것이다.

만약 층의 일부가 반지하인 경우 지면과 접하는 면적은 외피면적에서 제외되므로 앞에서 살펴본 에너지 효율 등급의 테이블(표5-6)이 높아지게 된다.

④ 내벽량

주택의 평면계획에서는 개방형 평면(Open Plan)보다는 간막이벽을 두어 적당한 내벽량을 갖는 것이 좋다. 내벽은 난방부하에 직접 작용한다기보다는 외부온도의 변화에 대한 실내 온도 변화폭을 완화시키는 열전달 지연 효과(Thermal Lag)를 갖는다.

⑤ 외표면의 흡수율을 높게 한다.

표면흡수율은 외장색, 질감에 영향을 받는데 난방부하를 줄이기 위해서는 외표면의 색은 짙은 색일수록 유리하다. 현재 우리나라 주택에서는 대부분 벽체 외장재가 붉은 벽돌이므로 표면흡수율 70-75%로 비슷하다. 그러나 페인트 마감이나 돌붙임, 타일붙임 등의 경우에는 밝고 매끄러운 면의 흡수율이 낮기 때문에 난방부하가 증가하게 된다. 다음은 외장재의 표면흡수율이 다른 경우의 난방부하의 차이이다.

<표 5-9> 표면흡수율과 난방부하

대상	벽체 : 벽돌	지붕 : 아스팔트루핑	문 : 철제문	난방부하 ($MJ/m^2 yr$)
A	적벽돌(70%)	Indian Red (90%)	검정색 (90%)	764.97
B	벽돌위 paint (30%)	청색 (40%)	Green (70%)	785.87

⑥ 천창이 있는 경우

천창은 자연채광의 도입을 위한 유효한 수단이지만 천창을 통한 열손실이 크고 침기의 조절이 어렵기 때문에 난방부하가 증가하게 된다. 따라서 천창을 설치할 때에는 단열성능이 좋은 유리재료를 선택하고 창틀과 접합부는 충분히 기밀하게 설계하여야 한다. 천창에 가동형 야간 단열재를 설치하는 것도 고려한다.

제 7 장 결 론

본 연구는 주택의 에너지 성능을 누구나 쉽게 판단할 수 있도록 에너지 등급을 설정하고 이 때 사용된 방법론을 근거로 주택의 에너지 절약 설계기법을 제시하는 것을 목적으로 하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 1) 주택의 에너지 소비에 영향을 미치는 에너지 요소(Energy Factor)를 조사하고 2) 주택의 신축 설계도면을 이용하여 광범위한 주택의 종류에 대한 에너지 성능분석을 정밀해석 컴퓨터 프로그램을 이용하여 실시한 후 3) 그 결과를 다중회귀분석의 통계적 방법으로 처리하여 몇가지 중요한 에너지 요소 (Energy Factor)만으로 주택의 에너지 성능을 예측할 수 있는 회귀모델을 도출하였다.

단독 주택의 난방부하 예측을 위한 다중 회귀방정식은 다음과 같다.

$$Y = 377.4 X_1 + 178.8 X_2 + 130 X_3 - 18.7 X_4 - 4.6 X_5 - 1.3 X_6 - 34.8$$

여기서, Y : 난방부하 ($\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$)

X_1 : 침기율 (ACH)

X_2 : 체적비(단위면적당 전체 체적면적비)

X_3 : 외피면적비(외피면적/바닥면적)

X_4 : 장단변비(북측벽길이/동측벽길이)

X_5 : 창의 투과율 (%)

X_6 : 남측창비율 (%) (남측창면적/전체 창면적)

이 회귀식의 결정계수(R^2)는 0.72로서 변량의 변화에 대해 72%의 예측력을 가지고 있으며 나머지 28%의 변량은 기타 에너지 요소의 변화에 의한 것이다.

즉, 회귀식에 나타난 6가지의 변인 외피면적비, 침기량, 체적비(단위면적당 전체 체적면적비), 장단변비, 유리창의 투과율, 남측 창비율만으로 주택의 에너지 소비량을 충분히 예측할 수 있으며, 따라서 이를 변인에 대하여 설계 초기 단계에서 충분히 고려한다면 에너지 절약적인 주택 설계가 가능하게 된다.

이와 같은 회귀식을 근거로 가장 에너지 절약적으로 설계 가능한 주택의 에너지 소비정도를 최상의 에너지 효율 등급으로 정하고 여기서부터 순차적으로 6등급의 에너지 효율 등급을 설정하면 다음과 같다.

500이하	501 ~ 600	601 ~ 700	701 ~ 800	801 ~ 900	901이상
I	II	III	IV	V	VI

(단위 : MJ/m²yr)

이와 같은 효율등급은 일반인에게 주택의 에너지 효율에 대하여 쉽게 판단할 수 있는 기준을 제시하게 될 뿐아니라, 이와 같은 방법을 이용한다면 건물의 에너지 절약 정책 중에서 세제및 금융혜택 등과 같은 적극적인 조장(Incentive)정책을 효과적으로 시행할 수 있을 것이다.

한편, 회귀식에 포함된 변수에 대해 건축설계시 가장 먼저 고려해야 할 중요한 설계기법을 요약하면 다음과 같다.

1. 침기량을 줄인다.
2. V/F, SF비를 작게 한다.
3. 적당한 장단변비를 갖는다.
4. 남측 창의 투과율을 높인다.
5. 남측 창비율을 크게 한다.

본 연구는 난방부하만으로 에너지 소비량을 산정하였으며 대상주택들 또한 서울지역에 한정되어 있으므로 앞으로 앞으로 냉방부하에 대한 고려와 좀더 넓은 지역 및 대상에 대한 연구가 필요할 것이다. 또한 본 연구는 신축 주택의 설계도면을 자료로 사용하였으나 이는 실제 시공된 내용과 차이가 있을 수 있으므로, 앞으로의 연구에서는 신축주택의 실제 에너지 사용량과의 비교 검토가 필요하다.

참 고 문 헌

- * 건축설계자료집, 태림문화사, 1994
- * 김종연, 유리창이 사무소 건물의 에너지 소비에 미치는 영향에 관한 연구, 중앙대, 1993
- * 이경희, 건축환경계획, 문운당, 1988
- * 에너지 기술 연구소, 건물 에너지 이용 합리화를 위한 에너지 성능 등급 표시 제도 연구, 한국 에너지 기술 연구소 연구 보고서(요약서)
- * 에너지 기술 연구소, 신축 주택의 에너지 절약 연구, 한국 에너지 기술연구소 연구 중간 보고서(요약서)
- * 에너지 기술 연구소, 주거용 건물의 에너지 절약 연구, 한국 에너지 기술연구소 연구 보고서
- * 건설부, 건물 에너지 절약 설계기준의 체계화 연구, 건설부, 1994
- * R. McMullan, Environmental Science in Building, 태림 문화사, 1989
- * AIA reserch corparation, ENERGY INFORM, AIA, 1978
- * Donald Watson, CLIMATIC DESIGN, McGraw-Hill Book Company, 1983
- * Edward Vine, B.K Barnes & Ronald Ritchard, IMPLEMENTATION OF HOME ENERGY RATING SYSTEMS, Lawrence Berkly Laboratory, 1987
- * Birch & Krogboe consulting engineers, COST BENEFIT EFFICIENCY OF ENERGY REPORTS FOR BUILDINGS Finnal Report , 1986, DENMARK
- * E.Rhee and K.Brandle, Energy Management and Retrofitre Reiaab Project, University of Michigan, 1983
- * Victor Olgyay, Desing with Climate, Princeton University Press, New Jersey
- * Donald Watson, Energy Conservation through Building Design, McGraw Hill Book Company, 1985

- * Michele Malaragno, Wind in Architectural and Environmental Design, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1982
- * Faye C. McQuiston, Heating, Ventilating and Air conditioning Analysis and Design, John Wiley & Sons, Inc, New York, 1982
- * Fred S. Dubin and Chalmers G. Long Jr, Energy Conservation Standards, McGraw Hill Book Company, 1978
- * Mathews, E. H., Empiricism in the thermal analysis of naturally ventilated buildings, Building and Environment, Vol.23, no.1, 1988.
- * Mathews, E. H., and Richards, P. G., A tool for predicting hourly air temperatures and sensible energy loads in buildings at sketch design stage, energy and Building, Vol.14, 1989.
- * Mathews, E. H., and Richards, P. G., Rousseau, P. G. and Lombard, C., A procedure to estimate the effective heat storage capability of a building, Building and Environment, Vol.26, no.2, 1990.
- * ASHRAE, ASHRAE HANDBOOK 1985 FUNDAMENTALS, 1985.
- * ASHRAE, ASHRAE HANDBOOK 1993 FUNDAMENTALS, 1993.

부 록

* QUICK 의 입력예

다음은 연면적 99.89 m^2 의 이층 주택을 Quick에 입력한 Work Sheet와 출력한 결과이다.

① Zone data

Floor description: FLOOR-1		Floor No: 1							
Floor area: 47.85 [m^2]									
Intermediate floor: Y									
Exposed floor: N									
FLOOR LAYERS									
Layer no	Material description	Thick [mm]							
1	WOOD PLY-	6.0							
2	CONC SLAB	120.0							
3	POLYSTYRENE	50.0							
4	PANEL HEATING	20.0							
5	MORTAR	10.0							
6	LINOLEUM	3.0							
MATERIAL DATA BASE									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Material description</th> </tr> <tr> <td>ACOUSTONE</td> </tr> <tr> <td>AIRSPACE</td> </tr> <tr> <td>ASBESTOS CEMENT PRESSED</td> </tr> <tr> <td>ASBESTOS CEMENT UNPRESSED</td> </tr> <tr> <td>ASHCRETE</td> </tr> <tr> <td>ASPHALT</td> </tr> </table>			Material description	ACOUSTONE	AIRSPACE	ASBESTOS CEMENT PRESSED	ASBESTOS CEMENT UNPRESSED	ASHCRETE	ASPHALT
Material description									
ACOUSTONE									
AIRSPACE									
ASBESTOS CEMENT PRESSED									
ASBESTOS CEMENT UNPRESSED									
ASHCRETE									
ASPHALT									

Surface description: N WAL		Surface No: 1							
Exposed to outdoor environment: Y		Area: 20.61 [m^2]							
Indoor partition: N		Orientation: 360 [degrees]							
Absorptance of outdoor surface: 75 [%]		Transmittance: 0 [%]							
Indoor surface of bright metal colour: N		Shading: S							
SURFACE LAYERS									
Layer no	Material description	Thick [mm]							
1	COMMON BRICK	100.0							
2	POLYSTYRENE	50.0							
3	COMMON BRICK	100.0							
4	MORTAR	18.0							
5		0.0							
6		0.0							
MATERIAL DATA BASE									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Material description</th> </tr> <tr> <td>ACOUSTONE</td> </tr> <tr> <td>AIRSPACE</td> </tr> <tr> <td>ASBESTOS CEMENT PRESSED</td> </tr> <tr> <td>ASBESTOS CEMENT UNPRESSED</td> </tr> <tr> <td>ASHCRETE</td> </tr> <tr> <td>ASPHALT</td> </tr> </table>			Material description	ACOUSTONE	AIRSPACE	ASBESTOS CEMENT PRESSED	ASBESTOS CEMENT UNPRESSED	ASHCRETE	ASPHALT
Material description									
ACOUSTONE									
AIRSPACE									
ASBESTOS CEMENT PRESSED									
ASBESTOS CEMENT UNPRESSED									
ASHCRETE									
ASPHALT									

Surface description: E-DOOR

Surface No: 10

Exposed to outdoor environment: Y Area: 1.89 [m²]
 Indoor partition: N Orientation: 90 [degrees]
 Absorptance of outdoor surface: 80 [%] Transmittance: 0 [%]
 Indoor surface of bright metal colour: N Shading: S

SURFACE LAYERS

Layer no	Material description	Thick [mm]
1	WOOD PLY-	4.5
2	AIRSPACE	30.0
3	WOOD PLY-	4.5
4		0.0
5		0.0
6		0.0

MATERIAL DATA BASE

Material description
ACOUSTONE
AIRSPACE
ASBESTOS CEMENT PRESSED
ASBESTOS CEMENT UNPRESSED
ASHCRETE
ASPHALT

Surface description: N WIN

Surface No: 2

Exposed to outdoor environment: Y Area: 2.88 [m²]
 Indoor partition: N Orientation: 360 [degrees]
 Absorptance of outdoor surface: 8 [%] Transmittance: 70 [%]
 Indoor surface of bright metal colour: N Shading: S

SURFACE LAYERS

Layer no	Material description	Thick [mm]
1	GLASS	3.0
2	AIRSPACE	50.0
3	GLASS	3.0
4		0.0
5		0.0
6		0.0

MATERIAL DATA BASE

Material description
ACOUSTONE
AIRSPACE
ASBESTOS CEMENT PRESSED
ASBESTOS CEMENT UNPRESSED
ASHCRETE
ASPHALT

Surface description: INDOOR

Surface No: 9

Exposed to outdoor environment: N Area: 10.00 [m²]
 Indoor partition: Y Orientation: 0 [degrees]
 Absorptance of outdoor surface: 30 [%] Transmittance: 0 [%]
 Indoor surface of bright metal colour: N Shading: S

SURFACE LAYERS

Layer no	Material description	Thick [mm]
1	MORTAR	18.0
2	COMMON BRICK	200.0
3	MORTAR	18.0
4		0.0
5		0.0
6		0.0

MATERIAL DATA BASE

Material description
ACOUSTONE
AIRSPACE
ASBESTOS CEMENT PRESSED
ASBESTOS CEMENT UNPRESSED
ASHCRETE
ASPHALT

Volume of zone: 129.19 [m³]
 Reference Azimuth: 12 [deg]

	Position of surface	Direction of heat flow	Surface Heat Transfer Coefficients [W/(m ² . °C)]
1.	Vertical	Horizontal	9.4
2.	Horizontal	Up	11.0
3.	Horizontal	Down	6.8
4.	Horizontal *	Down	1.3
5.	Horizontal *	Up	4.3
6.	Vertical *	Horizontal	3.2
7.	External surfaces	All directions	20.0

* With underside emissivity ≤ 0.05

② Data Base

- Air condition

AIR CONDITIONING PARAMETERS FOR COLD CONDITION	
Plant starting time	1
Plant stopping time	24
Minimum air con temperature [°C]	18.0
Maximum air con temperature [°C]	22.0
Indoor relative humidity [%]	50
Bypass factor [%]	10

- Infiltration

VENTILATION FOR COLD CONDITION			
Constant Infiltration Rate: 1.00 [ach]			
Hour	Rate [ach]	Source (O/E/S)	Temperature [°C]
1	0.00	0	-4.8
2	0.00	0	-5.1
3	0.00	0	-5.6
4	0.00	0	-5.8
5	0.00	0	-6.0
6	0.00	0	-6.1
7	0.00	0	-6.4
8	0.00	0	-6.1
9	0.00	0	-5.3
10	0.00	0	-4.4
11	0.00	0	-3.1
12	0.00	0	-2.1
13	0.00	0	-0.7
14	0.00	0	-0.1
15	0.00	0	0.2
16	0.00	0	0.2
17	0.00	0	-0.4
18	0.00	0	-1.3
19	0.00	0	-1.7
20	0.00	0	-2.2
21	0.00	0	-2.8
22	0.00	0	-3.3
23	0.00	0	-3.8
24	0.00	0	-4.3

③ Output

ENERGY CONSUMPTION IN MJ/m² FLOORAREA (FLOORAREA = 47.85 m²))

Month	No Days	Total Cooling	Sensible Heating	Total Cooling	Latent Heating	Grand Cooling	Total Heating
JANUARY	30	0.0	130.4	0.0	29.4	0.0	159.8
FEBRUARY	30	0.0	84.9	0.0	29.2	0.0	114.1
MARCH	30	2.5	15.6	0.0	18.7	2.5	-34.3
APRIL	30	48.1	0.0	0.0	7.2	48.1	7.2
MAY	30	96.9	0.0	6.9	0.0	103.7	0.0
JUNE	30	118.2	0.0	30.0	0.0	148.2	0.0
JULY	30	14.5	0.0	30.2	0.0	44.7	0.0
AUGUST	30	18.2	0.0	30.2	0.0	48.4	0.0
SEPTEMBER	30	0.0	4.2	11.2	0.0	11.2	4.2
OCTOBER	30	0.0	55.8	0.0	15.4	0.0	71.2
NOVEMBER	30	0.0	49.9	0.0	15.2	0.0	65.2
DECEMBER	30	0.0	116.9	0.0	30.2	0.0	147.1
Total		298.3	457.7	108.4	145.3	406.8	603.1

PEAK LOAD IN kW/m² FLOORAREA (FLOORAREA = 47.85 m²))

Month	No Days	Peak Cooling	Sensible Heating	Peak Cooling	Latent Heating	Grand Cooling	Total Heating
JANUARY	30	0.0	2.4	0.0	0.6	0.0	3.0
FEBRUARY	30	0.0	1.6	0.0	0.6	0.0	2.2
MARCH	30	-0.4	0.7	0.0	0.4	-0.1	1.1
APRIL	30	-2.1	0.0	0.0	0.2	-1.9	0.0
MAY	30	-3.1	0.0	-0.2	0.0	-3.3	0.0
JUNE	30	-3.3	0.0	-0.6	0.0	-4.0	0.0
JULY	30	-0.3	0.0	-0.7	0.0	-0.9	0.0
AUGUST	30	-0.3	0.0	-0.7	0.0	-1.0	0.0
SEPTEMBER	30	0.0	0.1	-0.3	0.0	-0.2	0.0
OCTOBER	30	0.0	1.0	0.0	0.3	0.0	1.4
NOVEMBER	30	0.0	0.9	0.0	0.3	0.0	1.2
DECEMBER	30	0.0	2.2	0.0	0.6	0.0	2.7

ABSTRACT

A Study on the Development of Energy conservation Design Strategies and Energy Efficiency Rating for Houses

Na, Su-Yeun

Dept. of Architectural Engineering

Graduate School of Chung-Ang University

Advised by Prof. Eon-Ku Rhee, Ph.D.

This study aims to establish the Energy Efficiency Rating for houses, which can easily be appreciated by the general public, and to present the energy conservation design strategies by utilizing the methodology developed for the establishment of EER.

The method of the research are as follows:

1. Investigation of energy factors through literature search.
2. Analysis of energy performance of houses through the detailed computer Simulation.
3. Establishment of the prediction model for Energy consumption through statistical analysis.
4. Establishment of the energy efficiency rating for houses from through content analysis.
5. Presentation of the energy conservation design strategies for houses identified from the prediction model.

The following are results of the study:

1. Multiple regression equation for the prediction of heating load for houses :

$$Y = 377.4 X_1 + 178.8 X_2 + 130 X_3 - 18.7 X_4 - 4.6 X_5 - 1.3 X_6 - 34.8$$

Y : Annual heating load ($\text{MJ}/\text{m}^2\text{-yr}$)

X_1 : Air change rate (ACH)

X_2 : V/F ratio

X_3 : S/F ratio

X_4 : Length / width ratio

X_5 : Glass transmittance (%)

X_6 : South window ratio (%)

2. Energy Efficiency Rating(EER) for houses :

(Unit: $\text{MJ}/\text{m}^2\text{yr}$)

~ 500	$501 \sim 600$	$601 \sim 700$	$701 \sim 800$	$801 \sim 900$	$901 \sim$
I	II	III	IV	V	VI
most efficient					least efficient

3. Energy conservation design strategies to be considered preferentially at the design stage :

1. Reduction of infiltration.
2. Reduction of V/F ratio and S/F ratio.
3. Appropriate length/width ratio.
4. High transmittance of south glazing.
5. High ratio of south window area.

감사의 글 - 730일 간의 대학원 석사과정을 마치며

주제선정에서 논문 완성에 이르기까지 아낌없는 도움을 주신 이연구 교수님의 세심한 지도편달에 感謝드리며, 더불어 조언과 격려를 아끼지 않은 이명호 교수님, 이 현호 교수님, 최운경 교수님, 정현수 교수님, 신현식 교수님께도 感謝드립니다.

또한 폭염의 계절을 보내고 기진맥진해 있을때 격려전화를 해 주셨던 송국선 선배님, 항상 보이지 않는 곳에서 많은 관심과 도움을 주셨던 전봉구 선배님, 김남규 선배님, 황정하 선배님, 안태경 선배님, 박진철 선배님, 권영철 선배님, 전성원 선배님을 비롯한 환경 연구실의 모든 선배님들께도 깊이 感謝드립니다.

그리고 가장 난감했던 일 중 하나였던 자료수집에 많은 도움을 주신 오성운 동문회장님께도 感謝드립니다.

아참, 또 논문보다는 감사의 글에 더 관심이 많았던 환경실 악당(樂堂?!)
여러분들에게도 感謝드립니다. 730일을 같이 지낸 계획, 구조, 시공반 선배님,
후배, 동기 여러분, 특히 전주영 선배님, 조정남 선배님에게도 感謝드립니다.

무엇보다 오늘의 제가 있게 해주신 아버님, 어머님, 할머니, 할아버지께 깊은 感謝를 드리며, 또 그간 격려와 고민을 함께 했던 현정이와 친구들에게도 感謝드립니다.

1994년 12월

나 수연

