

697. 18
김정중자

第66回 碩士學位 論文
指導教授 李 明 浩

46

중앙대학교



520-86-112879

자연형 태양열 아파트 건축계획에 관한 연구

- 기존 아파트와의 열성능 비교를 중심으로 -

- A Study on the Design of A Passive
Solar Apartment Building -

中央大學校 大學院
建築工學科 建築學專攻
金 正 中

1986. 11.

자연형 태양열 아파트 건축계획에 관한 연구

- 기존 아파트와의 열성능 비교를 중심으로 -

- A Study on the Design of A Passive
Solar Apartment Building -

이 論文을 碩士學位 論文으로 提出함.

1986. 11.

中央大學校 大學院
建築工學科 建築學專攻
金 正 中

金正中의碩士學位論文을認准함.

審查委員長_____印

審查委員_____印

審查委員_____印

1986. 11.

中央大學校 大學院

목 차

국문초록	vi
ABSTRACT	vii
제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구의 목적	1
제 2 절 연구의 범위 및 방법	2
제 3 절 지금까지의 연구	3
제 2 장 자연형 태양열 아파트의 고찰	6
제 1 절 자연형 태양열 아파트의 기본개념	6
제 1 항 자연형 태양열 아파트의 정의 및 종류	6
제 2 항 자연형 태양열 아파트의 장단점	8
제 2 절 기존 자연형 태양열 아파트의 고찰	9
제 3 장 자연형 태양열 아파트의 건축계획	20
제 1 절 기준 아파트의 열성능 분석	20
제 2 절 자연형 태양열 시스템의 적용	23
제 3 절 자연형 태양열 아파트의 계획	25
제 1 항 시스템의 규모설정	26
제 2 항 부위별 설계	30
제 4 절 자연형 태양열 아파트의 대안	34

제 4 장 자연형 태양열 아파트의 열성능 분석	39
제 1 절 연간 태양열 절감율의 계산.....	40
제 1 항 SLR Method	40
제 2 항 컴퓨터 프로그램의 개발	52
제 2 절 열성능 분석 및 교찰	54
제 5 장 결 론	65
참고문헌	75
부록 1. ASEAM에 의한 연간 난방부하의 계산	77
부록 2. 연간 태양열 절감율 계산 프로그램	85
부록 3. 구조체의 열관류율.....	107

표 목 차

표 1. 자연형 태양열 시스템의 적용	25
표 2. 집열창과 축열체의 규모 산정 기준	27
표 3. 시스템의 규모 산정	29
표 4. 수평 차양의 차양계수	31
표 5. 기준 시스템의 설계내용	43
표 6. 직접회득방식의 종류	44
표 7. 트롬벽 방식의 종류(통기구 있음)	45
표 8. 트롬벽 방식의 종류(통기구 없음)	46
표 9. 물벽 방식의 종류	47
표 10. 부착온실방식의 종류	48
표 11. 입력자료 및 범위	54
표 12. 건물의 열손실	55
표 13. 대안 I의 집열부 열손실	56
표 14. 대안 II의 집열부 열손실	57
표 15. 대안 III의 집열부 열손실	58
표 16. 대안 IV의 집열부 열손실	59
표 17. 각 대안의 연간 태양열 절감율	60
표 18. 차양의 돌출길이 변화에 따른 SSF	61
표 19. 설계기준온도 변화에 따른 SSF	62
표 20. 각 아파트의 연간 난방부하 비교	64

그 림 목 차

그림 1. 전면의 대규모 시스템	7
그림 2. 지붕의 대규모 시스템	7
그림 3. 각 단위세대별 소규모 시스템.....	7
그림 4. 1·2층 평면도(대덕)	10
그림 5. Sunhouse Complex의 평면도	12
그림 6. Costline Condominium의 평면도	14
그림 7. Multi-Storey Housing.....	16
그림 8. 자연형 아파트(동자연 계획안)	18
그림 9. 기준 아파트 평면도	21
그림 10. 트롬벽 방식의 시스템 평면과 단면	32
그림 11. 직접회 득방식의 시스템 단면.....	33
그림 12. 부착온실방식의 시스템 단면.....	33
그림 13. 대안 I 평면도	35
그림 14. 대안 II 평면도	36
그림 15. 대안 III 평면도	37
그림 16. 대안IV 평면도	38
그림 17. 부착온실의 형태	49
그림 18. 대안IV의 월별 태양열 절감량	61
그림 19. 차양 돌출길이 변화에 따른 SSF	62
그림 20. 설계기준온도 변화에 따른 SSF	63
그림 21. 자연형 태양열 아파트 건축계획안	67

사 진 목 차

사진 1. 자연형 연립주택 (대덕)	10
사진 2. 자연형 연립주택 (파천)	10
사진 3. Sunhouse Complex	12
사진 4. Costline Condominium	14

국 문 초 록

자연형 태양열 아파트 건축계획에 관한 연구
-기존 아파트와의 열성능 비교를 중심으로-

중앙 대학교대학원
건축공학과
김정중

본 연구의 목적은 고층의 기존 아파트에 자연형 태양열 시스템을 적용하는 설계방법을 모색하여 몇 가지 대안을 계획하고, 열성능 분석에 의해 가장 효율적인 자연형 태양열 아파트 건축계획안을 제시하여, 이 건축계획안이 기존 아파트에 비교하여 에너지 절감 효율이 우수함을 입증하는데 있다.

본 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 침실에 트롬벽 방식을 적용하고 거실에 직접회득 방식을 적용한 대안Ⅳ가 열성능이 가장 우수했다. 이 대안Ⅳ에 의해 자연형 태양열 아파트 건축계획안을 제시했다.
2. SLR Method에 의한 연간 태양열 절감율 계산 컴퓨터 프로그램을 몇 가지 단점을 보완하여 재개발하였다.
3. 자연형 태양열 아파트는 기존 아파트에 비교하여 연간 약 46 %의 난방 에너지를 절약할 수 있어 에너지 절약 효과가 뛰어났다.

ABSTRACT

A Study on the Design of A Passive Solar Apartment Building

Kim, Jung Joong
Dept. of Architectural Eng.
The Graduate School
Chung-Ang University

The objectives of this study are: 1) to investigate various passive solar systems which can be adapted to a typical high-rise apartment building, 2) to develop design alternatives for a passive solar apartment building, 3) to propose the most efficient design in terms of thermal performance.

The conclusions of the study are as follows:

1. The design alternative IV where Trombe Wall System is adapted to a bed room and Direct Gain System to a living room is proved to be the most efficient one.
2. The computer program which calculates annual solar savings fraction (SSF) through SLR Method is developed modifying previous computer programs.
3. The proposed passive solar apartment building can save about 46% of energy consumption compared to the typical high-rise apartment building.

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 목적

주거용 건축물에 있어서 태양열 에너지를 이용한 난방 시스템에는 집열 및 열의 이동에 기계적 설비를 사용하는 설비형 태양열 시스템과 열의 흐름이 복사, 전도, 자연대류와 같은 자연현상에 의해 이루어지는 자연형 태양열 시스템이 있다.¹⁾ 설비형은 열효율이 높으나 설치비가 많이 들고 수명이 비교적 짧으며 제어가 복잡하다는 단점을 갖고 있어, 최근에는 특별한 설비 없이도 건물 자체의 구조를 이용할 수 있는 자연형에 대한 관심이 높아지고 있다.

우리나라 국민의 주택보급을 상승과 국토의 효율적 이용을 위해서 뿐만 아니라 주택 건설의 경제적인 측면을 고려해 볼 때 단독주택보다는 공동주택의 대량 건설이 더 유리하다. 주택의 에너지 소비 면에서 비교해 보아도, 공동주택은 단독주택에 비하여 23%~50% 정도의 에너지 절약 효과가 있다.²⁾ 그려므로, 공동주택의 대량 건설이 요구되고, 또, 현재 많은 공동주택이 건설되고 있다. 일반적으로 공동주택은 단독주택에 비하여 표준화된 설계와 양질의 시공 그리고 일률적인 제어가 가능하다는 장점이 있으므로 자연형 태양열 주택에 관한 연구와 함께 공동주택의 자연형 태양열 시스템 적용설계에 관한

주 1) 이명호, 태양열 시스템 설계, 중앙대 건설대학원, 1984, p.13.

2) 건설부·대한주택공사, 공동주택의 에너지 절약을 위한 설계기준 연구, 1985, p.5.

연구는 주택의 에너지 절약 차원에서 절실히 요구된다.

본 연구는 자연형 태양열 시스템과 주택의 연구 그리고 공동주택의 에너지 절약기준 연구를 바탕으로, 공동주택중 특히 고층의 기준 아파트에 자연형 태양열 시스템을 적용하는 설계방법을 모색하여 자연형 태양열 아파트 건축계획안을 제시한다. 그리고, 연간 난방부하와 연간 태양열 절감율의 계산에 의한 열성능 분석을 통해 자연형 태양열 아파트 건축계획의 타당성을 입증하는데 본 연구의 목적이 있다.

제 2 절 연구의 범위 및 방법

본 연구는 1984년에 대한주택공사에서 시공한 I형 태의 고층아파트중 단위세대의 건축면적이 $84 m^2$ (약 25평)인 국민주택 규모의 아파트³⁾를 기준 아파트로 삼았다. 이 기준 아파트는 '70년대에 설계 시공된 아파트와는 달리 에너지 절약의 개념이 많이 고려되어 있으므로 이 기준 아파트의 평면을 직접 이용하여 자연형 아파트로 재계획하기로 한다. 아파트 단지를 계획할 경우 인동간격에 따른 태양복사량의 차이나 바람이 미치는 영향 등으로 복잡한 미기후를 만들게 되므로, 본 연구에서는 단지계획은 하지 않고 주동만을 계획하는 것으로 한다.

본 연구는 다음과 같은 순서와 방법으로 전개해 나가기로 한다.

첫째, 자연형 태양열 아파트의 기본개념을 알아보고 국내·외에서 연구된 자연형 태양열 공동주택의 실례와 그 장·단점을 분석

주 3) 대한주택공사, '84 주택의 기본계획 및 설계, 1984.

해 본다.

둘째, 기존 아파트에 자연형 시스템을 적용하는 방법을 알아보고 시스템 규모 산정 및 상세 설계를 통하여 자연형 태양열 아파트의 몇 가지 대안을 제시 한다.

셋째, 기존 아파트의 연간 난방부하는 미국 에너지성(DOE)의 용역에 의해 1983년에 개발된 컴퓨터 프로그램인 ASEAM⁴⁾을 활용하여 계산한다. 자연형 태양열 아파트 대안의 연간 태양열 절감율을 계산하여 서로 비교 분석하고 하나의 대안을 선택하여 자연형 태양열 아파트 건축계획안을 제시한다. 연간 태양열 절감율 계산에는 본 연구에서 제시한 연간 태양열 절감율 계산 컴퓨터 프로그램⁵⁾을 활용하였다.

제 3 절 지금까지의 연구

먼저 자연형 태양열 시스템의 열성능 분석 방법에 있어서 지금까지의 연구 내용을 알아보고 자연형 태양열 주택 및 아파트의 연구 내용을 알아본다. 열성능 분석 방법은 설계과정에 따라 Rules of Thumb 법, LCR법, SLR법으로 크게 나눌 수 있다. Rules of Thumb 법은 계획설계 과정에서 시스템의 적정규모를 산정하는데 이용이 되고 LCR 법은 각 시스템의 요소들이 전체 시스템의 열적 효율에 미치는 영

주 4) ASEAM: A Simplified Energy Analysis Program의 약자로 수정 빙 방식 (Modified Bin Method)을 이용한 건물의 열부하 계산 컴퓨터 프로그램.

5) 본 논문의 제 4장 제 1절과 부록 2 참고

향에 대한 연구분석 결과를 이용하여 설계 전개 과정에서 시스템의 효율을 높일 수 있는 설계인자들을 찾는데 사용된다.⁶⁾ 대표적인 Rules of Thumb 법으로 LASL⁷⁾의 방법과 1979년에 Edward Mazria가 제시한 Rules of Thumb 법이 있다. SLR법은 시공준비 단계에서 사용하는 가장 상세하고 정확한 열성능 분석방법으로 원래 설비형 태양열 시스템의 설계기법으로서 1976년에 Balcomb과 Hedstrom에 의해 개발된 것인데 그후 1978년에 Balcomb과 McFarland가 이를 일부 수정하여 축열벽형 자연형 시스템의 효율분석방법으로 사용하게 되었으며 1979년에는 Wray, Balcomb, McFarland에 의해 적접획득 방식 시스템에도 적용할 수 있게 되었다. 1980년에는 LASL에서 Balcomb 등이 Rules of Thumb 법, LCR법, SLR법을 정리, 수정하여 이를 자연형 태양열 시스템의 설계과정별로 그 적용방법을 체계화 하였다.⁶⁾ 1983년에 역시 LASL에서 Balcomb 등이 부착온실 방식 시스템을 포함한 각 시스템 별로 더 많은 실험을 통하여 LCR법과 SLR법의 이론과 실험자료를 대폭 증대하여 발표하였다.⁸⁾ SLR법은 시스템 유형별로 열적 효율에 영향을 미치는 인자들을 고려하여 전산해석 결과에 의해 구한 경험식이나 그래프를 이용한다. 우리나라에서의 열성능 분석방법에 관한 연구는 지금도 초보 단계이며 주로 외국의 연구내용을 이용하고 있다.

주 6) 한국 동력자원 연구소, 자연형 태양열 시스템 개발, 1981, p.13.

7) LASL: Los Alamos Scientific Laboratory

8) J Douglas Balcomb 외, Passive Solar Design Handbook Vol. III, ASES, 1983.

자연형 태양열 주택에 대한 연구는 1930년대부터 시작되었으나 그 필요성과 타당성이 인정된 것은 1970년대 이 후이며, 우리나라에서는 1980년에서부터 본격적으로 개발되고 있다.⁹⁾ 1979년과 1980년에는 연구용으로 각각 한채씩 건설되었고, 1981년에도 주로 연구용으로 과천에 자연형 태양열 연립주택을 건설하였다. 그후 많은 자연형 주택과 연립주택의 건설과 함께 한국 동력자원 연구소를 중심으로 자연형 주택에 관한 연구가 계속되었다. 1983년에는 한국 동력자원 연구소의 연구보고서인 「자연형 시스템개발 및 대체에너지 정책 비교분석」에서 아파트와 학교를 비롯한 여러 가지 종류의 건물에서 자연형 시스템의 적용설계가 시도 되었다. 최근에 들어서 자연형 태양열 아파트에 관한 관심이 고조되고 있고 이에 관한 연구도 현재 활발히 진행되고 있는 중이다.

주 9) 이명호, 자연형 태양열 주택의 기본개념과 전망, 월간 현대주택, 1986. 3, p. 186.

제 2 장 자연형 태양열 아파트의 고찰

제 1 절 자연형 태양열 아파트의 기본개념

제 1 항 자연형 태양열 아파트의 정의 및 종류

자연형 태양열 아파트란 태양열을 자연적인 방법으로 집열하고 측열하여 공간을 난방하는 아파트라고 정의할 수 있다. 여기서 자연적인 방법이란 기계장치를 사용하지 않고 열을 이동시키는 복사, 전도, 자연대류를 말한다.

건축물의 종류에 따라 저층연립주택, 연립주택, 저층아파트, 고층아파트, 테라스하우스 등과 같이 자연형 공동주택을 분류할 수 있고, 이 중 저층연립주택과 연립주택을 제외한 나머지를 자연형 태양열 아파트라고 할 수 있다.

자연형 태양열 아파트를 분류하는 다른 하나의 기준은 태양열 시스템의 규모이다. 대규모의 태양열 시스템으로부터 각각 단위세대의 난방공간에 열을 공급하는 대규모 시스템형식과 각 단위세대에 소규모 시스템이 있는 소규모 시스템형식 그리고 이 둘을 혼합한 혼합형식이 있다.

그림¹⁾과 그림²⁾는 영국 런던에 위치한 한 아파트의 개수안으로 대규모 자연형 태양열 시스템형식을 취하고 있다.

주 1) Ralph M. Lebans, *Passive Solar Architecture in Europe*, 1981, p.51,
p.130.

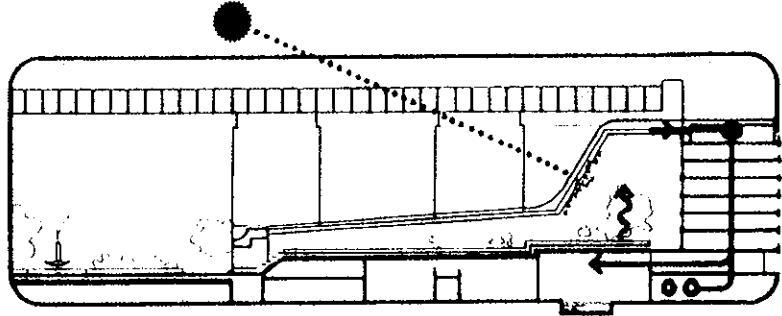


그림 1. 전면의 대규모 시스템

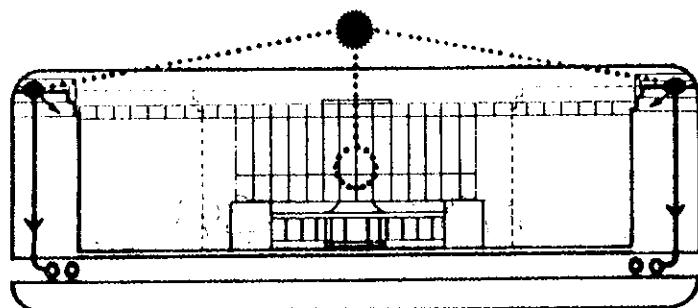


그림 2. 지붕의 대규모 시스템

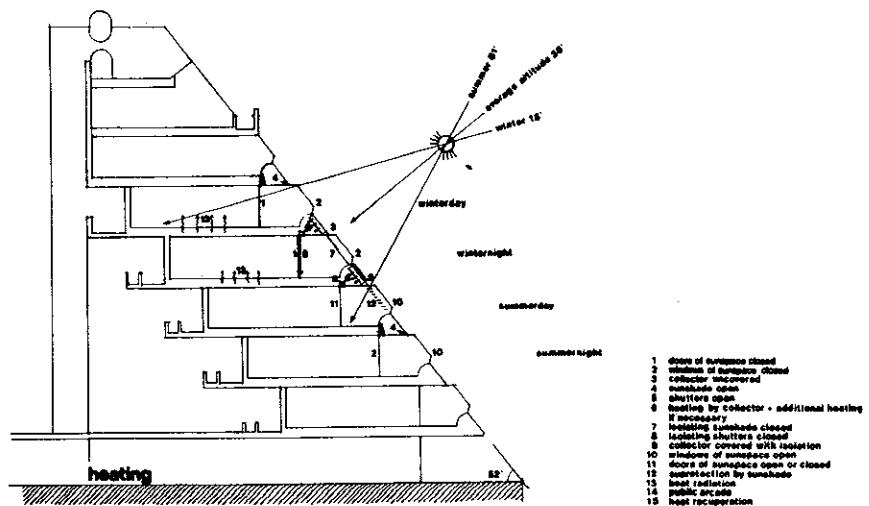


그림 3. 자 단위 세대별 소규모 시스템

그림 1 은 전면에 대규모의 온실이 있고, 그림 2 는 지붕에 대규모 온실을 만들어 송풍기를 사용하여 열을 각 단위세대에 공급하고 있다. 그림 3 1) 은 태양열 시스템을 테라스하우스에 적용한 것으로, 소규모 시스템이 각 단위세대에 설치되어 있다.

제 2 항 자연형 태양열 아파트의 장단점

큰 건축물에 설치되는 대규모 시스템의 경우, 작은 건축물에 적용되는 자연형 태양열 시스템 개념의 대부분이 직접 적용 가능하다. 그러나 큰 건축물이 작은 건축물과는 달리 대규모 시스템을 갖어야 하고, 또 그에 따라 특별한 해결책을 요구하리라는 것은 쉽게 예상된다. 시스템 효율을 고려해 볼때 소규모 시스템보다는 대규모 시스템이 더 에너지 이용 효율이 높다. ²⁾

대규모 시스템은 초기에 시스템 설치 비용이 많이 들고 열을 각 단위세대에 공급하기 위한 기계장치를 필요로 하는 단점이 있는 반면, 열효율이 뛰어나고 단위세대에 균일하게 열을 공급할 수 있으며 열적 제어가 비교적 간단하다. 소규모 시스템은 시스템이 각 단위세대에 독립되어 있으므로 건축 구조적인 문제가 있고 단지 계획시 인동간격에 따라 열효율이 달라져 균등한 열공급이 힘들다. 그러나 기존 아파트의 주거개념에 변함없이 남측 발코니 공간에 쉽게 적용할 수 있는 장점이 있다. 여러세대가 밀집되어 외벽을 통한 열부하가 작다는 아파트가 갖는 구조적인 장점을 이용하고 적절한 외표면 단열과 보조열원의 공급으로 불균등한 열공급의 단점도 해결 할 수 있어

주 2) David Wright, Natural Solar Architecture a passive primer, 1978, p.24

축열체로 인한 건축 구조적인 단점만 해결하면 소규모 시스템의 적용이 주거용 에너지 절약에 커다란 역할을 할 것이다.

제 2절 기존 자연형 아파트의 고찰

자연형 연립주택은 정확한 의미로 자연형 아파트라고 할수는 없으나, 공동주택의 하나이므로 언급하기로 한다. 연립주택이란 단독주택이 서로 연결하는 형태로, 대개의 경우에 동·서를 축으로 연결하게 되어 단독주택에 비하여 외벽면을 통한 열손실이 줄어들게 되며, 시스템의 설계시 아파트보다 건축미적인 디자인이 가능하다는 장점이 있다. 그리고 고층아파트를 시공하기 힘든, 도시 근교 경사진 전원주택 단지에 적용하면 많은 효과를 볼 수 있다.

우리 나라에서 건축된 연립주택은 대개 연구를 목적으로 하고 있다. 사진 1³⁾은 한국 동력자원 연구소내에 위치한 지하 1층 지상 2층의 중층식 연립주택으로서 6세대가 거주할 수 있도록 설계 시공 되었다. 거실은 직접획득방식, 침실에는 트롬벽 방식을 채택하였으며 옥상에는 온수집열기를 3매 두어 급탕에 이용하도록 하였다. 이 건물은 측정에 의한 성능분석 결과가 나와 있는데, 연간 태양열 절감율(SSF)은 37%로 나타났다. 그림 4³⁾은 연립주택의 평면도이다.

사진 2⁴⁾는 현상용모 당선작품으로 실제로 과천에 건설되었다. 지

주 3) 한국 동력자원 연구소, 자연형 시스템개발 및 대체에너지 정책 비교분석, 1983, p.198, p.199.

4) 대한주택공사, 과천 태양열 주택건설 종합보고서, 1981, p.143, p.177.

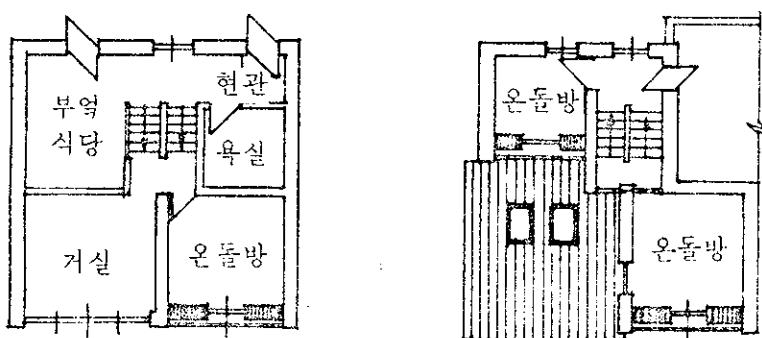


그림 4. 1·2 층 평면도 (대덕)

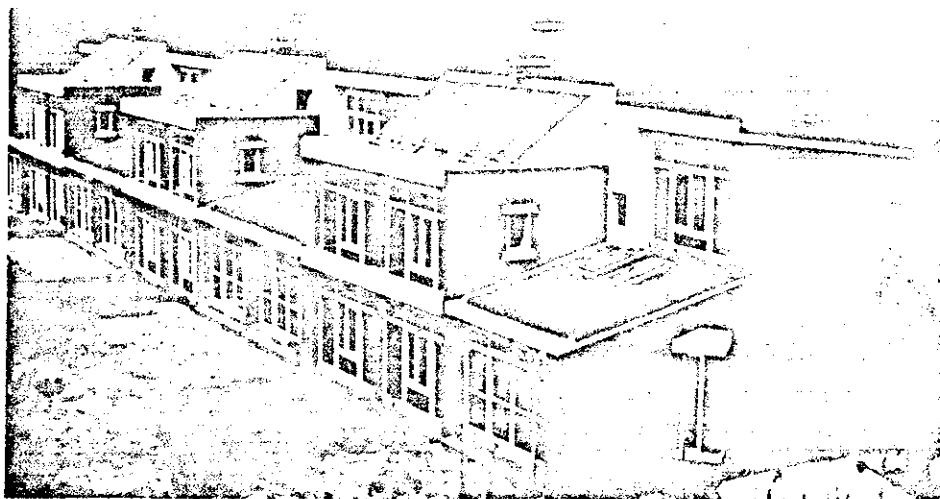


사진 1. 자연형 연립주택 (대덕)

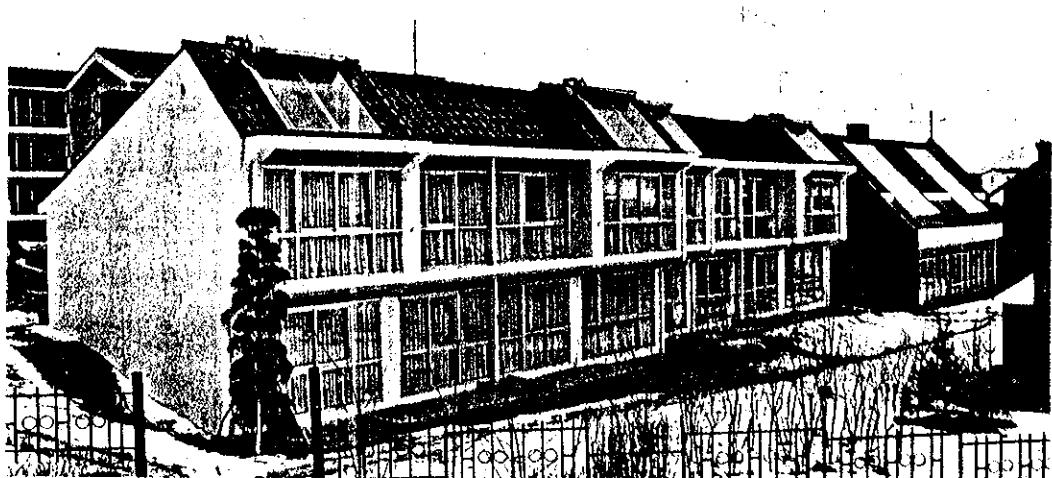


사진 2. 자연형 연립주택 (파천)

하 1 층 지상 2 층의 건물로 1 층에는 트롬벽 방식과 직접획득방식을 병용한 거실과 방이 있고 2 층에는 트롬벽 방식을 적용하였다. 특히 형태 계획에서 평면의 일부는 Split Floor 형식을 취하여 북측벽의 표면적을 감소시키므로서 건물 자체가 보온적 형태를 갖추고 있다. 축열체는 300 mm 두께의 콘크리트를 사용하였고 보조난방은 온수파넬난방 방식을 취하고 있다. 그러나, 이 건물의 축열체인 콘크리트는 건물의 구조체인 보, 슬라브, 기초, 차양들과 직접 연결되어 난방기간동안 찬 외기에 의해 냉교(Cold Bridge) 현상이 일어나기 쉽게 설계되었다.

사진 3⁵⁾ 은 미국 캘리포니아 샌프란시스코에 위치한 Sunhouse Complex라는 자연형 연립주택의 전경이다. 그림 5⁵⁾와 같이 1·2 층 전면에 커다란 부착온설을 두어 여기서 발생되는 열을 송풍기에 의해 전 주거공간에 공급하는 자연형과 설비형의 혼합형식이다. 우리나라에서 설계 시공되는 건물과는 달리 주거공간의 중심인 거실과 안방이 북쪽에 위치하여 있는 것이 특색이다. 이 건물의 개요는 다음과 같다.

Builing name Sunhouse Complex

Builing type Townhouse

Architect Garth Collier

Heated floor area 1,840ft²

Solar glazing area 460ft²

Storage capacity 254,200Btu

주 5) David Wright 외, Passive Solar Architecture logic & beauty, 1982, p.218.

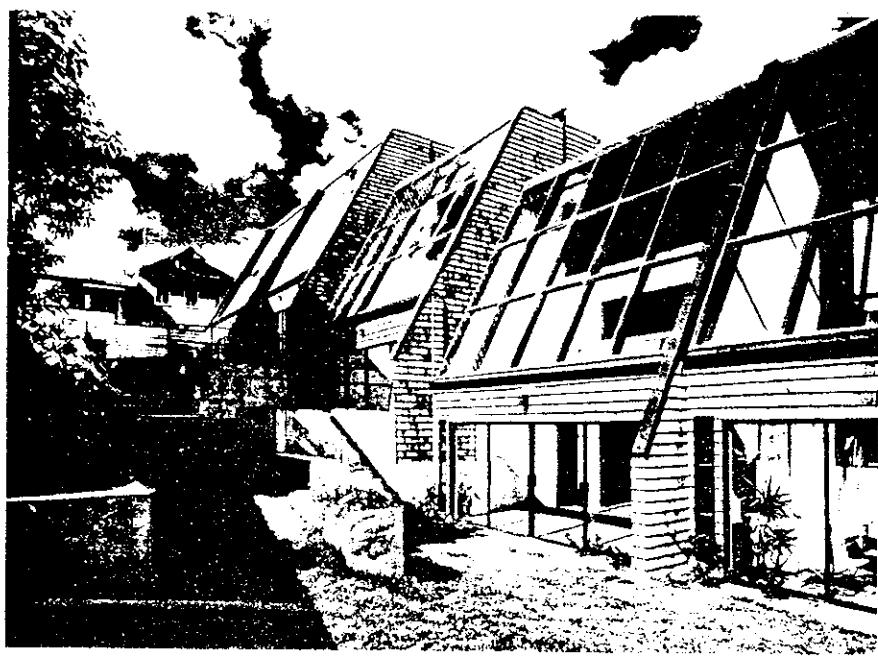


사진 3. Sunhouse Complex

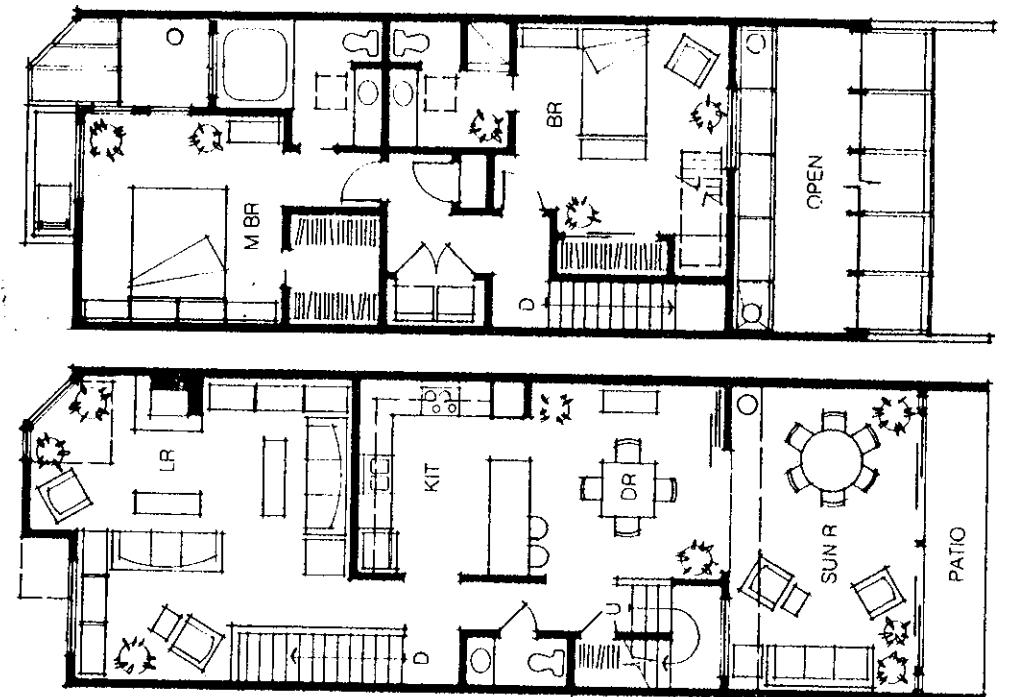


그림 5. Sunhouse Complex의 평면도

Auxiliary heating 1.5×10^6 Btu/YR
 Heating degree days 3,042
 Solar heating fraction 92 %
 System type Sunspace

자연형 테라스하우스는 외관적으로 아름다운 시스템을 자유롭게 적용할 수 있는 연립주택의 장점과 제한된 대지면적에 많은 세대를 밀접시킬 수 있는 아파트의 장점을 모두 가지고 있다. 그러나, 테라스하우스는 건축구조적인 면과 프라이버시의 침해라는 건축심리적인 면에서 세심히 고려하여 계획하여야 한다. 연립주택과는 달리 테라스하우스는 각 단위세대가 상하로 연결되고 동·서측은 통로로 이용되고 북측은 지면에 접하거나, 또는 통로가 되어 어느정도 외표면에 의한 열손실을 막을 수 있다. 특히 테라스하우스는 건물의 형태상 충분한 태양열사를 받을 수 있어 부착온실 방식의 적용이 유리하다.

사진 4⁶⁾는 미국 캘리포니아 마리부에 위치한 Costline Condominium의 전경이다. 그림 6⁶⁾과 같이 건물의 전면 가운데 부착온실을 두었고 거실과 방은 직접획득방식을 적용하여 설계하였다. 건물의 개요는 다음과 같다.

Building name Costline Condominium
 Building type Multi-family Terracehouse
 Architect Murray Milne

주 6) AIA Research Corporation, A Survey of Passive Solar Homes, 1980, p.15.

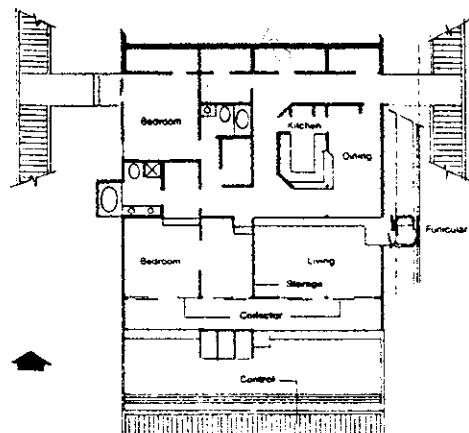


그림 6. Costline Condominium의 평면도



사진 4. Costline Condominium

Heated floor area 1,875 ft²
 Solar glazing area 227 ft²
 Storage capacity " not available "
 Heating load 6.8×10^6 Btu/YR
 Heating degree days 1,819
 Solar savings fraction 82 %
 System type Direct gain and Sunspace

그림 7⁷⁾ 은 네덜란드의 건축가 P. Passchier 와 J.C.H. Van den Steen 이 계획한 자연형 테라스하우스의 단면과 평면이다. 테라스하우스의 전면에 거실과 방을 두고 그 앞에 부착온실을 위치시킨 형태로 평면도에서 보는 바와 같이 각실의 양벽을 축열체로 사용하였다. 단면에서 와 같이 바닥도 축열체로 사용하였으며 건물의 1층은 주차장으로, 그리고, 북쪽면은 Public Arcade로 사용하였다. 이 건물의 개요는 다음과 같다.

Building type Multi-Storey housing
 Architect Passchier and Van den Steen
 Heated floor area 83 m²
 Solar glazing area 13.3 m²
 Storage capacity 1.60 KWh/°C
 Auxiliary heating 1,245KWh/YR

주 7) Ralph M. Lebens, Passive Solar Architecture in Europe, 1981, p.132.

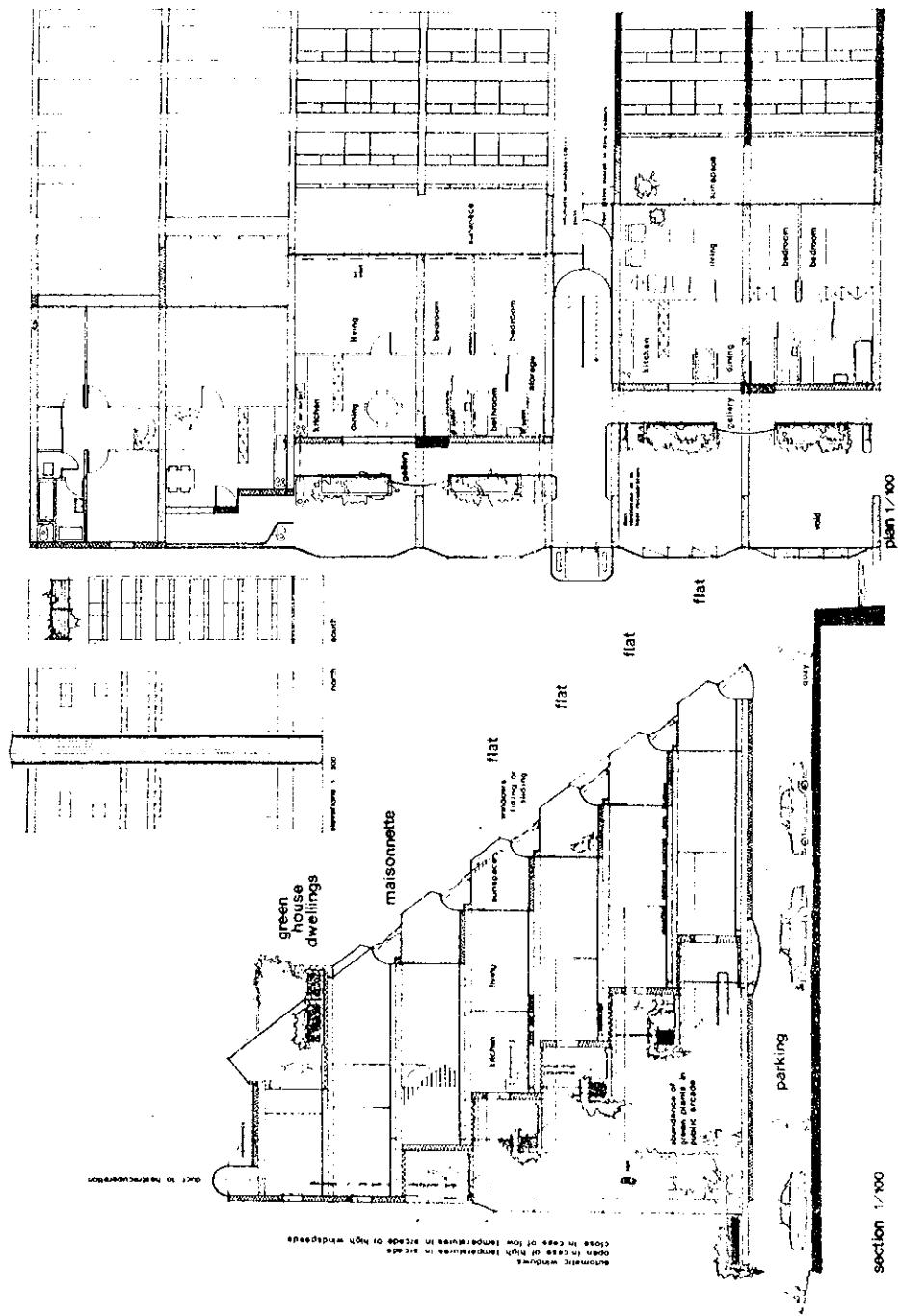


그림 7. Multi-Storey Housing

Heating degree days 3,150

Solar heating fraction 47 %

System type Direct gain and Sunspace

아파트는 우리에게 가장 친숙한 건물형태로 인구가 밀집되는 대도시의 주택보급율 향상에 큰 역할을 하고 있다. 우리나라에서 지난 1983년 및 1984년도의 평균 증가율은 단독주택이 2.4 %인데 비하여 아파트는 44 %, 연립주택은 24 %로서⁸⁾ 공동주택의 신축이 급증하고 있다. 아파트는 구조 형태상 남·북쪽 외표면을 제외한 모든 표면이 이웃 단위 세대와 인접되어 외표면을 통한 열손실을 줄일 수 있고 남쪽 발코니를 이용할 수 있어 자연형 시스템을 적용하기 용이하다. 그러나 아파트가 고층화되면 그에 따른 구조적인 해결책을 필요로 하게 된다. 그림 8⁹⁾은 한국 동력자원 연구소에서 1983년에 제시한 자연형 태양열 아파트 계획안의 일부이다. 거실은 직접획득방식, 안방은 부착온실방식, 방은 트롬벽방식을 취하고 있다. 벽, 지붕, 바닥등 건물의 외표면 단열도 완벽하고 냉교(Cold Bridge) 현상에 대한 고려도 되어 있다. 이 자연형 아파트는 지상 5층의 계단실 형으로서 지층아파트형식을 취하고 있어, 고층아파트의 설계시에는 구조적인 문제가 발생하게 되고 이에 따른 새로운 축열체 구성방법과 냉교현상 방지책이 요구된다. 다음은 이 건물의 개요이다.

주 8) 건설부·대한주택공사, 공동주택의 에너지 절약을 위한 설계기준 연구, 1985, p.5.

9) 한국 동력자원 연구소, 자연형 시스템개발 및 대체에너지 정책 비교분석, 1983, p.45, p.50.

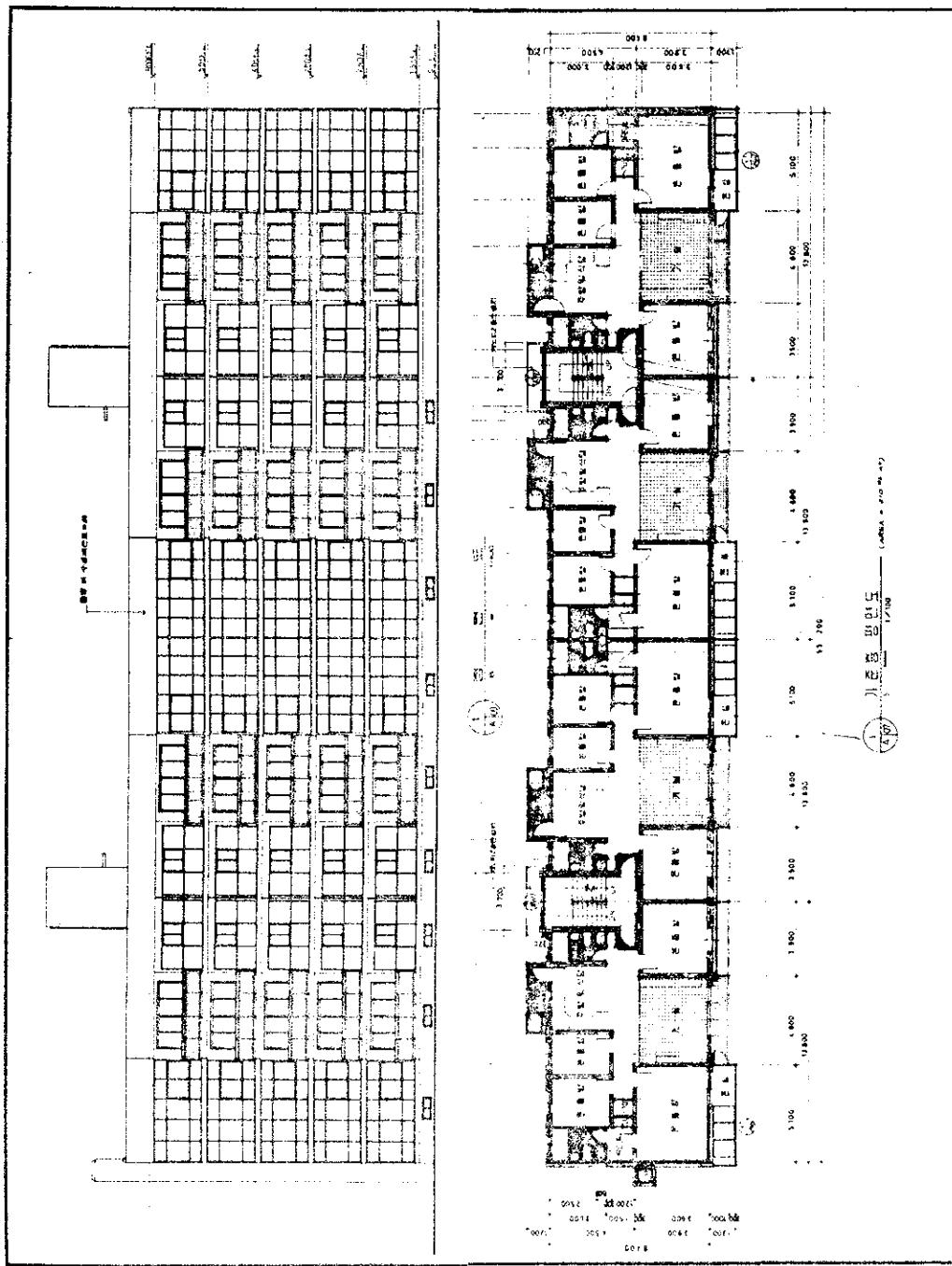


그림 8. 자연형 아파트(동자연 계획안)

건물 이름 자연형 태양열 아파트
 건물 면적 $4 \times 145.8 m^2$
 연면적 $20 \times 145.8 m^2$
 순 난방부하계수¹⁰⁾ $45,163.2 \text{ kcal}/\text{C} \cdot \text{day}$
 LCR $58.4 \text{ kcal}/m^2 \cdot \text{C} \cdot \text{day}$
 LCRs¹¹⁾ $47.9 \text{ kcal}/m^2 \cdot \text{C} \cdot \text{day}$
 연간 태양열 절감율 48 %
 시스템 방식 직접획득방식, 트롬벽방식, 부착온실방식

주 10) 남측 집열부를 통한 열손실을 고려하지 않은 난방부하계수 (Net Heating Load Coefficient)를 말함.

11) 집열부에서 외기로 빼앗기는 열량에 대한 LCR (Load Collector Ratio for Solar Aperture)을 말함.

제 3 장 자연형 태양열 아파트의 건축계획

제 1 절 기준 아파트의 열성능 분석

본 연구에서는 1984년 대한주택공사에서 설계 시공한 고층아파트 중 단위 세대의 건축면적이 $84 m^2$ (약 25평)인 국민주택 규모의 아파트를 선택하여 기준 아파트로 정하고 이 아파트 평면을 기준으로 자연형 태양열 아파트를 계획한다.

그림 9¹⁾는 본 연구에서 선택한 기준 아파트 평면도이다. 그림에서 보는 바와 같이 이 평면은 남쪽에 거실과 침실(안방)이 있고 그 전면에 발코니가 있으며 북쪽에 복도가 있는 편복도형 고층아파트이다. 요즘 일반적으로 아파트 시공후 입주자들이 발코니 전면에 유리창을 설치하여 사용하기도 한다. 물론 이렇게 하여 발코니를 열적 완충공간으로 활용함으로써 열관류 및 틈새바람으로 인한 열손실을 줄일 수 있고 태양열 입사량을 증가시키므로써 열획득량을 늘릴 수 있으며 공간의 적극적인 활용이라는 측면에서도 바람직한 것이다. 전형적인 아파트에서 발코니를 비난방 공간으로 활용할 때 연간 약 60% 이상의 에너지를 절약할 수 있다.²⁾ 그러나, 이와 같은 분석은 발코니의 외부창으로부터 틈새바람(Infiltration)에 의한 열손실을 계산하지 않은 것으로 실제의 에너지 절약 효과는 창의 재료, 구성 및

주1) 대한주택공사, '84 주택의 기본계획 및 설계, 1984.

2) 김남규, 비난방 공간의 열적 완충성에 관한 연구, 중앙대 석논, 1985, p.22.

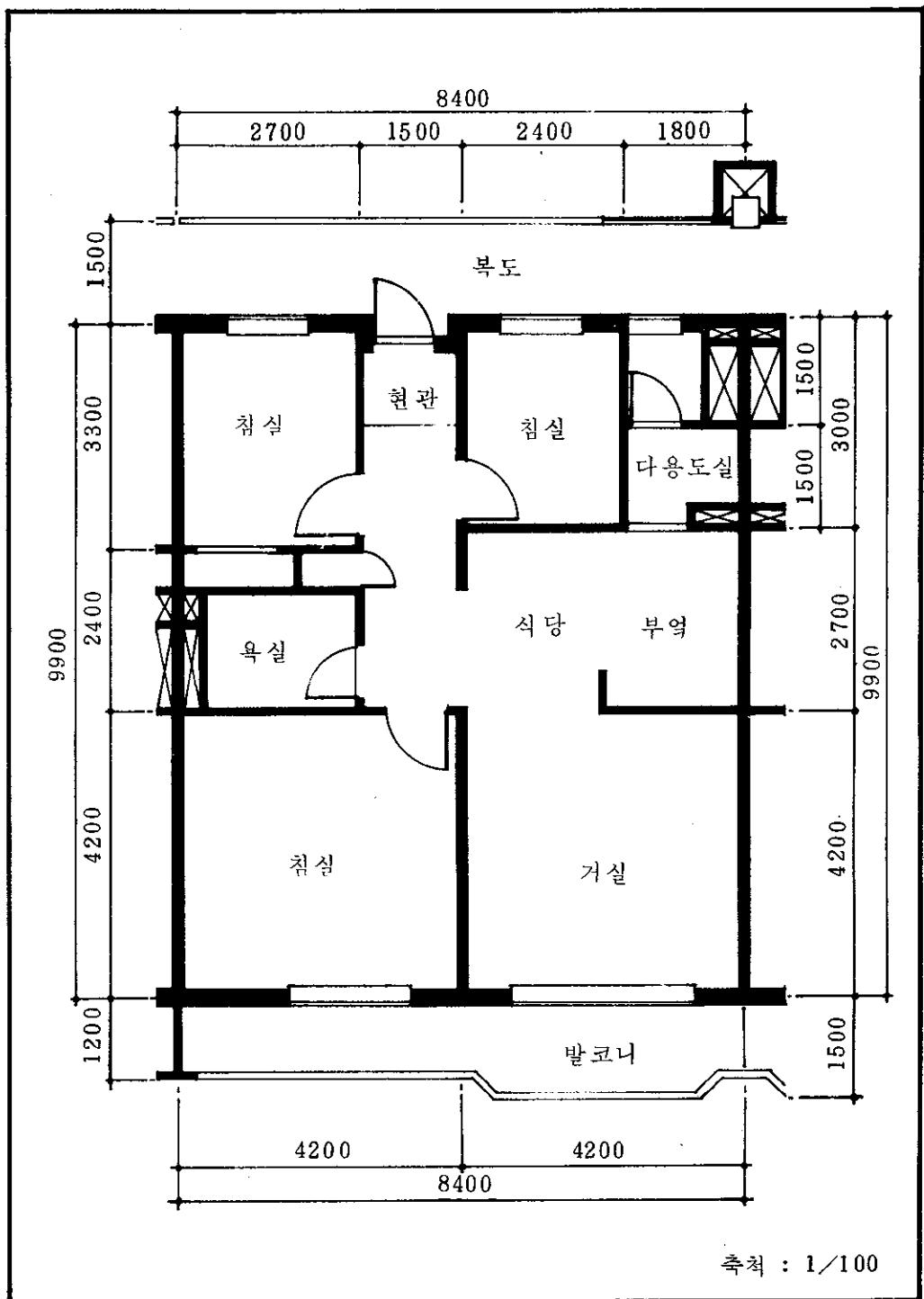


그림 9. 기준 아파트 평면도

시공에 따른 기밀성의 차이에 따라 크게 변화될 것이다. 또한, 틈새 바람을 고려할 경우 발코니 공간의 정확한 열 해석이 어렵고 개방된 발코니를 유리창으로 차단하는 것은 자연형 태양열 시스템 종류의 하나인 부착온실 방식을 적용하는 것과 유사해 본 논문의 제3장 제2절에서 부착온실 방식을 적용한 자연형 태양열 아파트 계획 대안이 다른 계획 대안들과 비교되어 다루어지므로 비교의 근본인 기준 아파트에서는 대한주택공사에서 시공한 설계도면을 기준으로, 발코니 전면에 유리창은 설치하지 않는 것으로 한다.

그림 9와 같은 기준 아파트 단위 세대 평면을 연속시켜 8개를 기준층으로 하는 15층 기준 아파트 주동의 연간 난방부하를 계산하였다. 연간 난방부하는 미국 에너지성 (DOE)의 용역에 의해 1983년에 개발된 컴퓨터 프로그램인 ASEAM을 활용하여 계산하였다. 연간 난방부하 계산을 위한 입력자료와 계산결과는 본 논문의 부록 1. 「ASEAM에 의한 연간 난방부하의 계산」에서 제시하였고, 기준 아파트의 구조체의 열관류율에 대해서는 부록 3. 「구조체의 열관류율」에서 제시했다.

연간 난방부하를 계산한 결과 연간 단위 면적당 21.3Mcal의 난방부하 ($21,300 \text{ Kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$)가 발생하였다. 건설부와 대한주택공사에서 공동으로 시행한 「공동주택의 에너지 절약을 위한 설계기준 연구」의 에너지 소비 상한치의 결정 내용을 보면 11층 이상의 공동주택에서는 $29 \text{ Mcal}/\text{m}^2 \cdot \text{year}$ 이하의 에너지를 소비하도록 규정하고 있는데 본 연구에서 선택한 기준 아파트는 이 규정에 위반되지 않고

적당한 에너지를 소비하고 있음을 알 수 있다.

제 2 절 자연형 태양열 시스템의 적용

자연형 태양열 시스템은 건물의 구조체가 시스템 역할을 하므로 설계 초기부터 염두에 두어 시스템을 선택하고 계획하여야 한다. 특히 고층아파트에 적용하게 되므로 자연형 태양열 시스템이 갖는 건축 계획적 및 구조적인 한계와 열적인 특성을 고려하여 시스템을 적용하여야 하며, 각 난방공간의 용도에 따른 요구와 자연형 시스템 자체의 요구를 만족시키는 가장 적절한 시스템을 적용하여야 한다.

자연형 태양열 시스템은 물리적으로 분류하면 직접획득형 (Direct Gain Type), 간접획득형 (Indirect Gain Type), 분리획득형 (Isolated Gain Type) 이 있고, 기능적으로 분류하면 직접획득방식 (Direct Gain Systems : DG), 트롬벽방식 (Trombe Wall Systems : TW), 부착온실방식 (Attached Sunspace Systems : SS), 축열지붕방식 (Thermal Storage Roof Systems : SR)으로 나눌 수 있다.³⁾

위의 시스템중에서 먼저 우리나라의 기후조건에 적당하지 않고 보수관리에도 문제가 있으며 축열체 자체가 건축 구조체 역할을 하지 못하는 물은 아파트를 계획하는 본 연구에서는 시스템의 축열체로 사

주 3) 각 시스템의 원리나 장·단점에 관한 상세한 내용은 아래의 참고문헌 참고.

Edward Mazria, The Passive Solar Energy Book, 1979

J.D.Balcomb, Passive Solar Design Handbook Vol. I, 1980.

용하지 않는 것으로 한다.

자연채광은 에너지 절약 차원에서 아주 중요할 뿐만 아니라 심리적으로도 인간의 주생활에 큰 영향을 미친다. 주간에 많이 사용되는 거실은 충분한 자연채광을 필요로 하지만 침실은 적당량 이상의 자연채광에 의해 눈부심현상이 일어나고 과다한 접열창 때문에 프라이버시의 침해를 가져올 수 있다.

거실은 낮과 저녁에 주로 사용되고 침실은 저녁과 밤에 난방되어야 하므로 침실에는 타임래그 (Time Lag) 가 진 트롬벽 방식이나 부착온실방식이 적절하며 거실에는 타임래그가 비교적 짧고 주간에도 직접 난방이 이루어지는 직접회득방식을 사용하는 것이 적절하다.

부착온실방식은 발코니를 온실로 이용함으로 공간의 유용성이 뛰어난 장점이 있다.

직접회득방식은 바닥이 축열체가 되므로 바닥이 무거워지고, 부착온실방식은 발코니 바닥이 축열체가 됨으로써 발코니가 중량체가 됨에 따라 벽체가 축열체로 되는 트롬벽 방식 보다는 구조적인 문제가 된다.

남쪽 공간인 침실과 거실에 있어서 위에서 지금까지 언급한 모든 내용을 만족하는 대안을 선택하는 것은 거의 불가능하다. 왜냐하면 각 요구들 간의 중요도가 다르고 여러 요구에 있어서 만족 혹은 불만족의 정도를 정확히 나타낼 수 없기 때문이다.

그러므로, 본 연구에서는 물을 축열체로 사용하지 않고, 거실의 경우 트롬벽 방식은 공간의 유용성이 없고 자연채광이 적으며 타임래그

가 주생활폐턴에 맞지 않으므로 사용하지 않는 것으로 하고, 침실의 경우 직접회득방식은 집열창에 의해 과다한 자연채광이 도입되어 눈부심현상이 있고 프라이버시가 침해되고 타임래그도 주생활폐턴에 맞지 않으므로 사용하지 않는 것으로 한다.

위의 가정에 따라 거실에 직접회득방식과 부착온실방식을 침실에 트롬벽방식과 부착온실방식을 적용하기로 한다. 두 난방공간에 두가지 방식을 적용하게 되므로 표 1과 같이 네가지 대안이 나올 수 있다. 네가지 각 대안을 각각 기본설계하고 열성능 분석하여 하나의 대안을 선택하게 된다.

표 1. 자연형 태양열 시스템의 적용

거 실	침 실	거 실	침 실	대 안
DG	SS	SS	SS	I
SS	TW	DG	SS	II
		SS	TW	III
		DG	TW	IV

```

graph LR
    DG1[DG] --> SS1[SS]
    DG1 --> TW1[TW]
    SS1 --> TW1
    SS1 --> DG2[DG]
    TW1 --> DG2
    TW1 --> SS2[SS]
    DG2 --> SS2
    DG2 --> TW2[TW]
    SS2 --> TW2
    TW2 --> DG3[DG]
    TW2 --> SS3[SS]
    DG3 --> SS3
    DG3 --> TW3[TW]
    SS3 --> TW3
    TW3 --> DG4[DG]
    TW3 --> SS4[SS]
    DG4 --> SS4
    DG4 --> TW4[TW]
    SS4 --> TW4
    TW4 --> DG5[DG]
    TW4 --> SS5[SS]
    DG5 --> SS5
    DG5 --> TW5[TW]
    SS5 --> TW5
    TW5 --> DG6[DG]
    TW5 --> SS6[SS]
    DG6 --> SS6
    DG6 --> TW6[TW]
    SS6 --> TW6
    TW6 --> DG7[DG]
    TW6 --> SS7[SS]
    DG7 --> SS7
    DG7 --> TW7[TW]
    SS7 --> TW7
    TW7 --> DG8[DG]
    TW7 --> SS8[SS]
    DG8 --> SS8
    DG8 --> TW8[TW]
    SS8 --> TW8
    TW8 --> DG9[DG]
    TW8 --> SS9[SS]
    DG9 --> SS9
    DG9 --> TW9[TW]
    SS9 --> TW9
    TW9 --> DG10[DG]
    TW9 --> SS10[SS]
    DG10 --> SS10
    DG10 --> TW10[TW]
    SS10 --> TW10
    TW10 --> DG11[DG]
    TW10 --> SS11[SS]
    DG11 --> SS11
    DG11 --> TW11[TW]
    SS11 --> TW11
    TW11 --> DG12[DG]
    TW11 --> SS12[SS]
    DG12 --> SS12
    DG12 --> TW12[TW]
    SS12 --> TW12
    TW12 --> DG13[DG]
    TW12 --> SS13[SS]
    DG13 --> SS13
    DG13 --> TW13[TW]
    SS13 --> TW13
    TW13 --> DG14[DG]
    TW13 --> SS14[SS]
    DG14 --> SS14
    DG14 --> TW14[TW]
    SS14 --> TW14
    TW14 --> DG15[DG]
    TW14 --> SS15[SS]
    DG15 --> SS15
    DG15 --> TW15[TW]
    SS15 --> TW15
    TW15 --> DG16[DG]
    TW15 --> SS16[SS]
    DG16 --> SS16
    DG16 --> TW16[TW]
    SS16 --> TW16
    TW16 --> DG17[DG]
    TW16 --> SS17[SS]
    DG17 --> SS17
    DG17 --> TW17[TW]
    SS17 --> TW17
    TW17 --> DG18[DG]
    TW17 --> SS18[SS]
    DG18 --> SS18
    DG18 --> TW18[TW]
    SS18 --> TW18
    TW18 --> DG19[DG]
    TW18 --> SS19[SS]
    DG19 --> SS19
    DG19 --> TW19[TW]
    SS19 --> TW19
    TW19 --> DG20[DG]
    TW19 --> SS20[SS]
    DG20 --> SS20
    DG20 --> TW20[TW]
    SS20 --> TW20
    TW20 --> DG21[DG]
    TW20 --> SS21[SS]
    DG21 --> SS21
    DG21 --> TW21[TW]
    SS21 --> TW21
    TW21 --> DG22[DG]
    TW21 --> SS22[SS]
    DG22 --> SS22
    DG22 --> TW22[TW]
    SS22 --> TW22
    TW22 --> DG23[DG]
    TW22 --> SS23[SS]
    DG23 --> SS23
    DG23 --> TW23[TW]
    SS23 --> TW23
    TW23 --> DG24[DG]
    TW23 --> SS24[SS]
    DG24 --> SS24
    DG24 --> TW24[TW]
    SS24 --> TW24
    TW24 --> DG25[DG]
    TW24 --> SS25[SS]
    DG25 --> SS25
    DG25 --> TW25[TW]
    SS25 --> TW25
    TW25 --> DG26[DG]
    TW25 --> SS26[SS]
    DG26 --> SS26
    DG26 --> TW26[TW]
    SS26 --> TW26
    TW26 --> DG27[DG]
    TW26 --> SS27[SS]
    DG27 --> SS27
    DG27 --> TW27[TW]
    SS27 --> TW27
    TW27 --> DG28[DG]
    TW27 --> SS28[SS]
    DG28 --> SS28
    DG28 --> TW28[TW]
    SS28 --> TW28
    TW28 --> DG29[DG]
    TW28 --> SS29[SS]
    DG29 --> SS29
    DG29 --> TW29[TW]
    SS29 --> TW29
    TW29 --> DG30[DG]
    TW29 --> SS30[SS]
    DG30 --> SS30
    DG30 --> TW30[TW]
    SS30 --> TW30
    TW30 --> DG31[DG]
    TW30 --> SS31[SS]
    DG31 --> SS31
    DG31 --> TW31[TW]
    SS31 --> TW31
    TW31 --> DG32[DG]
    TW31 --> SS32[SS]
    DG32 --> SS32
    DG32 --> TW32[TW]
    SS32 --> TW32
    TW32 --> DG33[DG]
    TW32 --> SS33[SS]
    DG33 --> SS33
    DG33 --> TW33[TW]
    SS33 --> TW33
    TW33 --> DG34[DG]
    TW33 --> SS34[SS]
    DG34 --> SS34
    DG34 --> TW34[TW]
    SS34 --> TW34
    TW34 --> DG35[DG]
    TW34 --> SS35[SS]
    DG35 --> SS35
    DG35 --> TW35[TW]
    SS35 --> TW35
    TW35 --> DG36[DG]
    TW35 --> SS36[SS]
    DG36 --> SS36
    DG36 --> TW36[TW]
    SS36 --> TW36
    TW36 --> DG37[DG]
    TW36 --> SS37[SS]
    DG37 --> SS37
    DG37 --> TW37[TW]
    SS37 --> TW37
    TW37 --> DG38[DG]
    TW37 --> SS38[SS]
    DG38 --> SS38
    DG38 --> TW38[TW]
    SS38 --> TW38
    TW38 --> DG39[DG]
    TW38 --> SS39[SS]
    DG39 --> SS39
    DG39 --> TW39[TW]
    SS39 --> TW39
    TW39 --> DG40[DG]
    TW39 --> SS40[SS]
    DG40 --> SS40
    DG40 --> TW40[TW]
    SS40 --> TW40
    TW40 --> DG41[DG]
    TW40 --> SS41[SS]
    DG41 --> SS41
    DG41 --> TW41[TW]
    SS41 --> TW41
    TW41 --> DG42[DG]
    TW41 --> SS42[SS]
    DG42 --> SS42
    DG42 --> TW42[TW]
    SS42 --> TW42
    TW42 --> DG43[DG]
    TW42 --> SS43[SS]
    DG43 --> SS43
    DG43 --> TW43[TW]
    SS43 --> TW43
    TW43 --> DG44[DG]
    TW43 --> SS44[SS]
    DG44 --> SS44
    DG44 --> TW44[TW]
    SS44 --> TW44
    TW44 --> DG45[DG]
    TW44 --> SS45[SS]
    DG45 --> SS45
    DG45 --> TW45[TW]
    SS45 --> TW45
    TW45 --> DG46[DG]
    TW45 --> SS46[SS]
    DG46 --> SS46
    DG46 --> TW46[TW]
    SS46 --> TW46
    TW46 --> DG47[DG]
    TW46 --> SS47[SS]
    DG47 --> SS47
    DG47 --> TW47[TW]
    SS47 --> TW47
    TW47 --> DG48[DG]
    TW47 --> SS48[SS]
    DG48 --> SS48
    DG48 --> TW48[TW]
    SS48 --> TW48
    TW48 --> DG49[DG]
    TW48 --> SS49[SS]
    DG49 --> SS49
    DG49 --> TW49[TW]
    SS49 --> TW49
    TW49 --> DG50[DG]
    TW49 --> SS50[SS]
    DG50 --> SS50
    DG50 --> TW50[TW]
    SS50 --> TW50
    TW50 --> DG51[DG]
    TW50 --> SS51[SS]
    DG51 --> SS51
    DG51 --> TW51[TW]
    SS51 --> TW51
    TW51 --> DG52[DG]
    TW51 --> SS52[SS]
    DG52 --> SS52
    DG52 --> TW52[TW]
    SS52 --> TW52
    TW52 --> DG53[DG]
    TW52 --> SS53[SS]
    DG53 --> SS53
    DG53 --> TW53[TW]
    SS53 --> TW53
    TW53 --> DG54[DG]
    TW53 --> SS54[SS]
    DG54 --> SS54
    DG54 --> TW54[TW]
    SS54 --> TW54
    TW54 --> DG55[DG]
    TW54 --> SS55[SS]
    DG55 --> SS55
    DG55 --> TW55[TW]
    SS55 --> TW55
    TW55 --> DG56[DG]
    TW55 --> SS56[SS]
    DG56 --> SS56
    DG56 --> TW56[TW]
    SS56 --> TW56
    TW56 --> DG57[DG]
    TW56 --> SS57[SS]
    DG57 --> SS57
    DG57 --> TW57[TW]
    SS57 --> TW57
    TW57 --> DG58[DG]
    TW57 --> SS58[SS]
    DG58 --> SS58
    DG58 --> TW58[TW]
    SS58 --> TW58
    TW58 --> DG59[DG]
    TW58 --> SS59[SS]
    DG59 --> SS59
    DG59 --> TW59[TW]
    SS59 --> TW59
    TW59 --> DG60[DG]
    TW59 --> SS60[SS]
    DG60 --> SS60
    DG60 --> TW60[TW]
    SS60 --> TW60
    TW60 --> DG61[DG]
    TW60 --> SS61[SS]
    DG61 --> SS61
    DG61 --> TW61[TW]
    SS61 --> TW61
    TW61 --> DG62[DG]
    TW61 --> SS62[SS]
    DG62 --> SS62
    DG62 --> TW62[TW]
    SS62 --> TW62
    TW62 --> DG63[DG]
    TW62 --> SS63[SS]
    DG63 --> SS63
    DG63 --> TW63[TW]
    SS63 --> TW63
    TW63 --> DG64[DG]
    TW63 --> SS64[SS]
    DG64 --> SS64
    DG64 --> TW64[TW]
    SS64 --> TW64
    TW64 --> DG65[DG]
    TW64 --> SS65[SS]
    DG65 --> SS65
    DG65 --> TW65[TW]
    SS65 --> TW65
    TW65 --> DG66[DG]
    TW65 --> SS66[SS]
    DG66 --> SS66
    DG66 --> TW66[TW]
    SS66 --> TW66
    TW66 --> DG67[DG]
    TW66 --> SS67[SS]
    DG67 --> SS67
    DG67 --> TW67[TW]
    SS67 --> TW67
    TW67 --> DG68[DG]
    TW67 --> SS68[SS]
    DG68 --> SS68
    DG68 --> TW68[TW]
    SS68 --> TW68
    TW68 --> DG69[DG]
    TW68 --> SS69[SS]
    DG69 --> SS69
    DG69 --> TW69[TW]
    SS69 --> TW69
    TW69 --> DG70[DG]
    TW69 --> SS70[SS]
    DG70 --> SS70
    DG70 --> TW70[TW]
    SS70 --> TW70
    TW70 --> DG71[DG]
    TW70 --> SS71[SS]
    DG71 --> SS71
    DG71 --> TW71[TW]
    SS71 --> TW71
    TW71 --> DG72[DG]
    TW71 --> SS72[SS]
    DG72 --> SS72
    DG72 --> TW72[TW]
    SS72 --> TW72
    TW72 --> DG73[DG]
    TW72 --> SS73[SS]
    DG73 --> SS73
    DG73 --> TW73[TW]
    SS73 --> TW73
    TW73 --> DG74[DG]
    TW73 --> SS74[SS]
    DG74 --> SS74
    DG74 --> TW74[TW]
    SS74 --> TW74
    TW74 --> DG75[DG]
    TW74 --> SS75[SS]
    DG75 --> SS75
    DG75 --> TW75[TW]
    SS75 --> TW75
    TW75 --> DG76[DG]
    TW75 --> SS76[SS]
    DG76 --> SS76
    DG76 --> TW76[TW]
    SS76 --> TW76
    TW76 --> DG77[DG]
    TW76 --> SS77[SS]
    DG77 --> SS77
    DG77 --> TW77[TW]
    SS77 --> TW77
    TW77 --> DG78[DG]
    TW77 --> SS78[SS]
    DG78 --> SS78
    DG78 --> TW78[TW]
    SS78 --> TW78
    TW78 --> DG79[DG]
    TW78 --> SS79[SS]
    DG79 --> SS79
    DG79 --> TW79[TW]
    SS79 --> TW79
    TW79 --> DG80[DG]
    TW79 --> SS80[SS]
    DG80 --> SS80
    DG80 --> TW80[TW]
    SS80 --> TW80
    TW80 --> DG81[DG]
    TW80 --> SS81[SS]
    DG81 --> SS81
    DG81 --> TW81[TW]
    SS81 --> TW81
    TW81 --> DG82[DG]
    TW81 --> SS82[SS]
    DG82 --> SS82
    DG82 --> TW82[TW]
    SS82 --> TW82
    TW82 --> DG83[DG]
    TW82 --> SS83[SS]
    DG83 --> SS83
    DG83 --> TW83[TW]
    SS83 --> TW83
    TW83 --> DG84[DG]
    TW83 --> SS84[SS]
    DG84 --> SS84
    DG84 --> TW84[TW]
    SS84 --> TW84
    TW84 --> DG85[DG]
    TW84 --> SS85[SS]
    DG85 --> SS85
    DG85 --> TW85[TW]
    SS85 --> TW85
    TW85 --> DG86[DG]
    TW85 --> SS86[SS]
    DG86 --> SS86
    DG86 --> TW86[TW]
    SS86 --> TW86
    TW86 --> DG87[DG]
    TW86 --> SS87[SS]
    DG87 --> SS87
    DG87 --> TW87[TW]
    SS87 --> TW87
    TW87 --> DG88[DG]
    TW87 --> SS88[SS]
    DG88 --> SS88
    DG88 --> TW88[TW]
    SS88 --> TW88
    TW88 --> DG89[DG]
    TW88 --> SS89[SS]
    DG89 --> SS89
    DG89 --> TW89[TW]
    SS89 --> TW89
    TW89 --> DG90[DG]
    TW89 --> SS90[SS]
    DG90 --> SS90
    DG90 --> TW90[TW]
    SS90 --> TW90
    TW90 --> DG91[DG]
    TW90 --> SS91[SS]
    DG91 --> SS91
    DG91 --> TW91[TW]
    SS91 --> TW91
    TW91 --> DG92[DG]
    TW91 --> SS92[SS]
    DG92 --> SS92
    DG92 --> TW92[TW]
    SS92 --> TW92
    TW92 --> DG93[DG]
    TW92 --> SS93[SS]
    DG93 --> SS93
    DG93 --> TW93[TW]
    SS93 --> TW93
    TW93 --> DG94[DG]
    TW93 --> SS94[SS]
    DG94 --> SS94
    DG94 --> TW94[TW]
    SS94 --> TW94
    TW94 --> DG95[DG]
    TW94 --> SS95[SS]
    DG95 --> SS95
    DG95 --> TW95[TW]
    SS95 --> TW95
    TW95 --> DG96[DG]
    TW95 --> SS96[SS]
    DG96 --> SS96
    DG96 --> TW96[TW]
    SS96 --> TW96
    TW96 --> DG97[DG]
    TW96 --> SS97[SS]
    DG97 --> SS97
    DG97 --> TW97[TW]
    SS97 --> TW97
    TW97 --> DG98[DG]
    TW97 --> SS98[SS]
    DG98 --> SS98
    DG98 --> TW98[TW]
    SS98 --> TW98
    TW98 --> DG99[DG]
    TW98 --> SS99[SS]
    DG99 --> SS99
    DG99 --> TW99[TW]
    SS99 --> TW99
    TW99 --> DG100[DG]
    TW99 --> SS100[SS]
    DG100 --> SS100
    DG100 --> TW100[TW]
    SS100 --> TW100
    TW100 --> DG101[DG]
    TW100 --> SS101[SS]
    DG101 --> SS101
    DG101 --> TW101[TW]
    SS101 --> TW101
    TW101 --> DG102[DG]
    TW101 --> SS102[SS]
    DG102 --> SS102
    DG102 --> TW102[TW]
    SS102 --> TW102
    TW102 --> DG103[DG]
    TW102 --> SS103[SS]
    DG103 --> SS103
    DG103 --> TW103[TW]
    SS103 --> TW103
    TW103 --> DG104[DG]
    TW103 --> SS104[SS]
    DG104 --> SS104
    DG104 --> TW104[TW]
    SS104 --> TW104
    TW104 --> DG105[DG]
    TW104 --> SS105[SS]
    DG105 --> SS105
    DG105 --> TW105[TW]
    SS105 --> TW105
    TW105 --> DG106[DG]
    TW105 --> SS106[SS]
    DG106 --> SS106
    DG106 --> TW106[TW]
    SS106 --> TW106
    TW106 --> DG107[DG]
    TW106 --> SS107[SS]
    DG107 --> SS107
    DG107 --> TW107[TW]
    SS107 --> TW107
    TW107 --> DG108[DG]
    TW107 --> SS108[SS]
    DG108 --> SS108
    DG108 --> TW108[TW]
    SS108 --> TW108
    TW108 --> DG109[DG]
    TW108 --> SS109[SS]
    DG109 --> SS109
    DG109 --> TW109[TW]
    SS109 --> TW109
    TW109 --> DG110[DG]
    TW109 --> SS110[SS]
    DG110 --> SS110
    DG110 --> TW110[TW]
    SS110 --> TW110
    TW110 --> DG111[DG]
    TW110 --> SS111[SS]
    DG111 --> SS111
    DG111 --> TW111[TW]
    SS111 --> TW111
    TW111 --> DG112[DG]
    TW111 --> SS112[SS]
    DG112 --> SS112
    DG112 --> TW112[TW]
    SS112 --> TW112
    TW112 --> DG113[DG]
    TW112 --> SS113[SS]
    DG113 --> SS113
    DG113 --> TW113[TW]
    SS113 --> TW113
    TW113 --> DG114[DG]
    TW113 --> SS114[SS]
    DG114 --> SS114
    DG114 --> TW114[TW]
    SS114 --> TW114
    TW114 --> DG115[DG]
    TW114 --> SS115[SS]
    DG115 --> SS115
    DG115 --> TW115[TW]
    SS115 --> TW115
    TW115 --> DG116[DG]
    TW115 --> SS116[SS]
    DG116 --> SS116
    DG116 --> TW116[TW]
    SS116 --> TW116
    TW116 --> DG117[DG]
    TW116 --> SS117[SS]
    DG117 --> SS117
    DG117 --> TW117[TW]
    SS117 --> TW117
    TW117 --> DG118[DG]
    TW117 --> SS118[SS]
    DG118 --> SS118
    DG118 --> TW118[TW]
    SS118 --> TW118
    TW118 --> DG119[DG]
    TW118 --> SS119[SS]
    DG119 --> SS119
    DG119 --> TW119[TW]
    SS119 --> TW119
    TW119 --> DG120[DG]
    TW119 --> SS120[SS]
    DG120 --> SS120
    DG120 --> TW120[TW]
    SS120 --> TW120
    TW120 --> DG121[DG]
    TW120 --> SS121[SS]
    DG121 --> SS121
    DG121 --> TW121[TW]
    SS121 --> TW121
    TW121 --> DG122[DG]
    TW121 --> SS122[SS]
    DG122 --> SS122
    DG122 --> TW122[TW]
    SS122 --> TW122
    TW122 --> DG123[DG]
    TW122 --> SS123[SS]
    DG123 --> SS123
    DG123 --> TW123[TW]
    SS123 --> TW123
    TW123 --> DG124[DG]
    TW123 --> SS124[SS]
    DG124 --> SS124
    DG124 --> TW124[TW]
    SS124 --> TW124
    TW124 --> DG125[DG]
    TW124 --> SS125[SS]
    DG125 --> SS125
    DG125 --> TW125[TW]
    SS125 --> TW125
    TW125 --> DG126[DG]
    TW125 --> SS126[SS]
    DG126 --> SS126
    DG126 --> TW126[TW]
    SS126 --> TW126
    TW126 --> DG127[DG]
    TW126 --> SS127[SS]
    DG127 --> SS127
    DG127 --> TW127[TW]
    SS127 --> TW127
    TW127 --> DG128[DG]
    TW127 --> SS128[SS]
    DG128 --> SS128
    DG128 --> TW128[TW]
    SS128 --> TW128
    TW128 --> DG129[DG]
    TW128 --> SS129[SS]
    DG129 --> SS129
    DG129 --> TW129[TW]
    SS129 --> TW129
    TW129 --> DG130[DG]
    TW129 --> SS130[SS]
    DG130 --> SS130
    DG130 --> TW130[TW]
    SS130 --> TW130
    TW130 --> DG131[DG]
    TW130 --> SS131[SS]
    DG131 --> SS131
    DG131 --> TW131[TW]
    SS131 --> TW131
    TW131 --> DG132[DG]
    TW131 --> SS132[SS]
    DG132 --> SS132
    DG132 --> TW132[TW]
    SS132 --> TW132
    TW132 --> DG133[DG]
    TW132 --> SS133[SS]
    DG133 --> SS133
    DG133 --> TW133[TW]
    SS133 --> TW133
    TW133 --> DG134[DG]
    TW133 --> SS134[SS]
    DG134 --> SS134
    DG134 --> TW134[TW]
    SS134 --> TW134
    TW134 --> DG135[DG]
    TW134 --> SS135[SS]
    DG135 --> SS135
    DG135 --> TW135[TW]
    SS135 --> TW135
    TW135 --> DG136[DG]
    TW135 --> SS136[SS]
    DG136 --> SS136
    DG136 --> TW136[TW]
    SS136 --> TW136
    TW136 --> DG137[DG]
    TW136 --> SS137[SS]
    DG137 --> SS137
    DG137 --> TW137[TW]
    SS137 --> TW137
    TW137 --> DG138[DG]
    TW137 --> SS138[SS]
    DG138 --> SS138
    DG138 --> TW138[TW]
    SS138 --> TW138
    TW138 --> DG139[DG]
    TW138 --> SS139[SS]
    DG139 --> SS139
    DG139 --> TW139[TW]
    SS139 --> TW139
    TW139 --> DG140[DG]
    TW139 --> SS140[SS]
    DG140 --> SS140
    DG140 --> TW140[TW]
    SS140 --> TW140
    TW140 --> DG141[DG]
    TW140 --> SS141[SS]
    DG141 --> SS141
    DG141 --> TW141[TW]
    SS141 --> TW141
    TW141 --> DG142[DG]
    TW141 --> SS142[SS]
    DG142 --> SS142
    DG142 --> TW142[TW]
    SS142 --> TW142
    TW142 --> DG143[DG]
    TW142 --> SS143[SS]
    DG143 --> SS143
    DG143 --> TW143[TW]
    SS143 --> TW143
    TW143 --> DG144[DG]
    TW143 --> SS144[SS]
    DG144 --> SS144
    DG144 --> TW144[TW]
    SS144 --> TW144
    TW144 --> DG145[DG]
    TW144 --> SS145[SS]
    DG145 --> SS145
    DG145 --> TW145[TW]
    SS145 --> TW145
    TW145 --> DG146[DG]
    TW145 --> SS146[SS]
    DG146 --> SS146
    DG146 --> TW146[TW]
    SS146 --> TW146
    TW146 --> DG147[DG]
    TW146 --> SS147[SS]
    DG147 --> SS147
    DG147 --> TW147[TW]
    SS147 --> TW147
    TW147 --> DG148[DG]
    TW147 --> SS148[SS]
    DG148 --> SS148
    DG148 --> TW148[TW]
    SS148 --> TW148
    TW148 --> DG149[DG]
    TW148 --> SS149[SS]
    DG149 --> SS149
    DG149 --> TW149[TW]
    SS149 --> TW149
    TW149 --> DG150[DG]
    TW149 --> SS150[SS]
    DG150 --> SS150
    DG150 --> TW150[TW]
    SS150 --> TW150
    TW150 --> DG151[DG]
    TW150 --> SS151[SS]
    DG151 --> SS151
    DG151 --> TW151[TW]
    SS151 --> TW151
    TW151 --> DG152[DG]
    TW151 --> SS152[SS]
    DG152 --> SS152
    DG152 --> TW152[TW]
    SS152 --> TW152
    TW152 --> DG153[DG]
    TW152 --> SS153[SS]
    DG153 --> SS153
    DG153 --> TW153[TW]
    SS153 --> TW153
    TW153 --> DG154[DG]
    TW153 --> SS154[SS]
    DG154 --> SS154
    DG154 --> TW154[TW]
    SS154 --> TW154
    TW154 --> DG155[DG]
    TW154 --> SS155[SS]
    DG155 --> SS155
    DG155 --> TW155[TW]
    SS155 --> TW155
    TW155 --> DG156[DG]
    TW155 --> SS156[SS]
    DG156 --> SS156
    DG156 --> TW156[TW]
    SS156 --> TW156
    TW156 --> DG157[DG]
    TW156 --> SS157[SS]
    DG157 --> SS157
    DG157 --> TW157[TW]
    SS157 --> TW157
    TW157 --> DG158[DG]
    TW157 --> SS158[SS]
    DG158 --> SS158
    DG158 --> TW158[TW]
    SS158 --> TW158
    TW158 --> DG159[DG]
    TW158 --> SS159[SS]
    DG159 --> SS159
    DG159 --> TW159[TW]
    SS159 --> TW159
    TW159 --> DG160[DG]
    TW159 --> SS160[SS]
    DG160 --> SS160
    DG160 --> TW160[TW]
    SS160 --> TW160
    TW160 --> DG161[DG]
    TW160 --> SS161[SS]
    DG161 --> SS161
    DG161 --> TW161[TW]
    SS161 --> TW161
    TW161 --> DG162[DG]
    TW161 --> SS162[SS]
    DG162 --> SS162
    DG162 --> TW162[TW]
    SS162 --> TW162
    TW162 --> DG163[DG]
    TW162 --> SS163[SS]
    DG163 --> SS163
    DG163 --> TW163[TW]
    SS163 --> TW163
    TW163 --> DG164[DG]
    TW163 --> SS164[SS]
    DG164 --> SS164
    DG164 --> TW164[TW]
    SS164 --> TW164
    TW164 --> DG165[DG]
    TW164 --> SS165[SS]
    DG165 --> SS165
    DG165 --> TW165[TW]
    SS165 --> TW165
    TW165 --> DG166[DG]
    TW165 --> SS166[SS]
    DG166 --> SS166
    DG166 --> TW166[TW]
    SS166 --> TW166
    TW166 --> DG167[DG]
    TW166 --> SS167[SS]
    DG167 --> SS167
    DG167 --> TW167[TW]
    SS167 --> TW167
    TW1
```

해석법 (Simulation) 과는 달리 어떤 대상을 해석하고자 할 때 그 대상과 조사한 다른 대상의 변수를 비교하여 분석하는 비교적 간단한 해석 방법이다. 그러므로, 이 방법은 접근 해석법 보다는 다소의 오차를 감수하여야 할 필요가 있다.⁴⁾ 1980년 LASL에서 연구 발표⁵⁾ 한 내용에는 직접회득방식, 물벽방식, 트롬벽방식의 3 가지 시스템을 가지고, 한 방식에 두 가지씩 6 개의 종류를 실험 연구하였다. 그러므로, 시스템 설계상 작은 변형도 태양열 시스템의 열해석에 많은 오차를 발생시켰고, 시스템 설계에 많은 제약을 주었다. 1983년 LASL에서 기준 3 가지 방식에 부착온실방식과 통기구 없는 트롬벽방식을 포함시키고 각 방식에 여러 가지 종류의 시스템을 만들어 실험 연구하였다. SLR Method에 적용할 수 있는 많은 실험 자료가 발표⁶⁾됨으로써 시스템 설계가 자유롭고, 몇 가지 변수만을 비교 분석법에 의해 조정하면 오차가 거의 없는 비교적 정확한 열해석이 가능해졌다.

비교 분석법은 변수의 조정이 적을 수록 정확한 열해석이 가능함으로, SLR Method 비교 분석법의 시스템 기준설계⁶⁾를 고려하여 자연형 태양열 시스템을 설계하여야 한다.

제 1 항 시스템의 규모산정

시스템의 규모산정이란 집열창과 축열체의 면적, 집열창의 배수, 축

주 4) 한국 동력자원 연구소, 자연형 시스템개발 및 대체에너지 정책 비교분석, 1983, p.9.

5) J.D.Balcomb, Passive Solar Design Handbook Vol. II, 1980.

6) J.D.Balcomb, Passive Solar Design Handbook Vol. III, 1983, p.45, p.91, p.232.

열체의 두께, 축열재료의 선택, 야간단열막의 선택등 시스템 설계에 중요한 집열창과 축열체에 관계되는 규모를 산정하는 것이다. 계획설계 과정에서 시스템의 규모산정에는 Mazria의 Rules of Thumb 법⁷⁾이 많이 이용되는데, 지역별 위도와 기후에 따라 난방면적에 대한 집열창 면적비로 나타내고 있어 이를 쉽게 이용할 수 있다.

표 2는 서울의 겨울철 평균온도를 기준으로 실내를 $18^{\circ}\text{C} \sim 21^{\circ}\text{C}$ 를 유지하기 위한 집열창과 축열체의 규모산정 내용이다. 겨울철 폐청일을 기준으로 했으며, 낮은 위도에서는 낮은 값을, 높은 위도에서는 높은 값을 택한다.⁸⁾

표 2를 기준으로 하고 LASL SLR Method 기준설계⁹⁾ 내용을 참고하면서 난방공간에 따라 자연형 시스템의 규모를 산정한다.

표 2. 집열창과 축열체의 규모산정 기준

시스템	집열면적	축열체
DG	$\frac{\text{집열창면적}}{\text{난방바닥면적}} = 0.19 \sim 0.29$	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 두께 : 10 cm이상 ◦ 면적 : 집열면적의 3배 이상 ◦ 야간단열재 필수

주 7) Edward Mazria, The Passive Solar Energy Book, 1979.

8) 낮은 위도 : 35° NL 높은 위도 : 48° NL

우리나라 전국에서 낮은 위도 값을 사용함.

9) 본 논문의 제 4 장 제 1 절 참고

시스템	집열면적	축열체
TW	$\frac{\text{집열창면적}}{\text{난방 바닥면적}} = 0.37 \sim 0.66$	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 두께 콘크리트 : 30 ~ 45 cm 벽돌 : 25 ~ 35 cm ◦ 야간단열재 필수
SS	$\frac{\text{온실 남면유리면적}}{\text{난방 바닥 면적}} = 0.65 \sim 1.17$	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 두께 콘크리트 : 30 ~ 45 cm 벽돌 : 25 ~ 35 cm

거실앞 직접획득방식의 축열체 두께는 150mm로 하고 축열면적은 집열창의 3배로 한다. 축열체로는 콘크리트 위에 밝은 갈색 타일을 사용하고, 직접획득방식은 남쪽 창이 집열창 역할을 함으로 개구부 면적의 80%를 순집열창 면적으로 계산한다.

침실앞 트롬벽 방식의 축열체는 300mm 두께의 콘크리트로 하고 남쪽 전면창의 90%를 순집열창 면적으로 계산한다. 침실의 채광과 통풍을 위한 내부창은 단창으로 하고 크기는 침실 바닥면적의 1/10로 한다. 트롬벽의 통기구 크기는 위·아래 전체의 합이 순집열창 면적의 6%가 되도록 산정하였다.

부착온실방식의 경우 축열체로 바닥은 100mm 콘크리트, 벽은 300mm 콘크리트를 사용하고 남쪽 전면창의 90%를 순집열창 면적으로 한다. 거실과 침실의 채광과 통풍을 위한 내부창은 단창으로 하고 크기는 거실과 침실 바닥면적의 1/10로 한다. 통기구 크기는 트롬벽 방식과

三

시스템의 규모 산정(단위: 면적 m^2 , 두께 mm)

시스템	단방면적	DG 17.64	TW 17.64	SS 17.64
접열창	매수 면적	2 4.70	2 7.11	2 11.91
축열체	제료 두께 면적	콘크리트 150 14.1	콘크리트 300 7.11	콘크리트 300 11.91
야간단열체	단열재	밝은갈색	밝은갈색	밝은갈색
통기구	유·무 면적비율	R4	R4	R4

같이 벽 전체 면적의 6 %로 하였다.

지금까지 언급한 내용과 그외 시스템 규모에 관련된 각 시스템별 규모 설정은 표 3과 같다.

제 2 항 부위별 설계

하지를 전후하여 45 일간 차양하고 동지를 전후하여 60 일간 햇빛을 받을 수 있도록 설계하면 여름철에는 0.3 ~ 0.4 정도의 차양계수, 겨울철에는 1의 차양계수를 가진 차양설계가 바람직한 것으로 나타난다. 단, 여기서의 차양계수란 창면적에 대한 직 달일사에 의한 음영면적비를 나타낸 값으로 다음식과 같다.¹⁰⁾

$$\text{차양계수} = 1 - \frac{\text{음영면적}}{\text{창 면 적}}$$

위의 차양계수에 의해 차양기능만 가진 발코니의 적정 돌출길이는 0.8 ~ 1.0 m가 적당하다. 그리고, 차양계수를 수평차양의 분리비 (Separation Ratio)와 돌출비 (Overhang Ratio)로 나누어 생각하면 표 4¹⁰⁾와 같다. 아파트의 경우 층고가 한정되어 있고 넓은 집열창을 갖기 위해서는 분리비가 0.1 이상이 될 수 없고 분리비 0.1에서 차양계수가 여름철에 0.3 ~ 0.4 겨울철에 1이 되는 적정 돌출비는 0.3이다.

주 10) 건설부·대한주택공사, 공동주택의 에너지 절약을 위한 설계기준연구, 1985, p.96, p.97.

표 4.

수평 차양의 차양계 수

분리비		0.1		0.2		0.3	
돌출비	계절	여름	겨울	여름	겨울	여름	겨울
0.3		0.36	0.92	0.43	0.98	0.51	1.00
0.4		0.30	0.86	0.36	0.95	0.42	0.99
0.5		0.27	0.83	0.33	0.91	0.38	0.97
0.6		0.26	0.79	0.31	0.87	0.35	0.94

직접획득방식과 트롬벽방식은 분리비가 0.1, 돌출비가 0.3이 되도록 차양을 설계하고, 발코니 공간을 이용하는 부착온실방식은 차양설계를 하지 않고 여름철에는 별도의 차양장치를 사용하는 것으로 한다.

열전도율이 높은 건물의 구조체가 직접 찬 외기에 면하여 실내의 열을 구조체를 통하여 찬 외기에 집중적으로 빼앗기는 현상을 냉교(Cold Bridge) 현상이라 하는데 건물의 차양 부위, 발코니 부위, 벽과 지붕이 만나는 곳, 그리고, 내단열시공사에 많이 발생하여 건물의 열성능을 저하시킨다. 특히 자연형 태양열 시스템의 축열체는 많은 열을 축열하여 난방공간에 공급하므로 축열체의 냉교현상 방지는 자연형 시스템의 열성능 향상을 위해 필수적인 것이다.

그림 10의 왼쪽 평면 상세도와 같이 트롬벽방식의 집열창 양벽에 강화 단열재¹¹⁾(RIGID INSULATION)를 설치하고 그 위를 금속판(ME-

주 11) 강화 단열재 (RIGID INSULATION)란 단열재를 압축시켜 얇은 두께

TAL FLASHING) 으로 덮어 냉교현상을 방지 하도록 하였다. 오른쪽

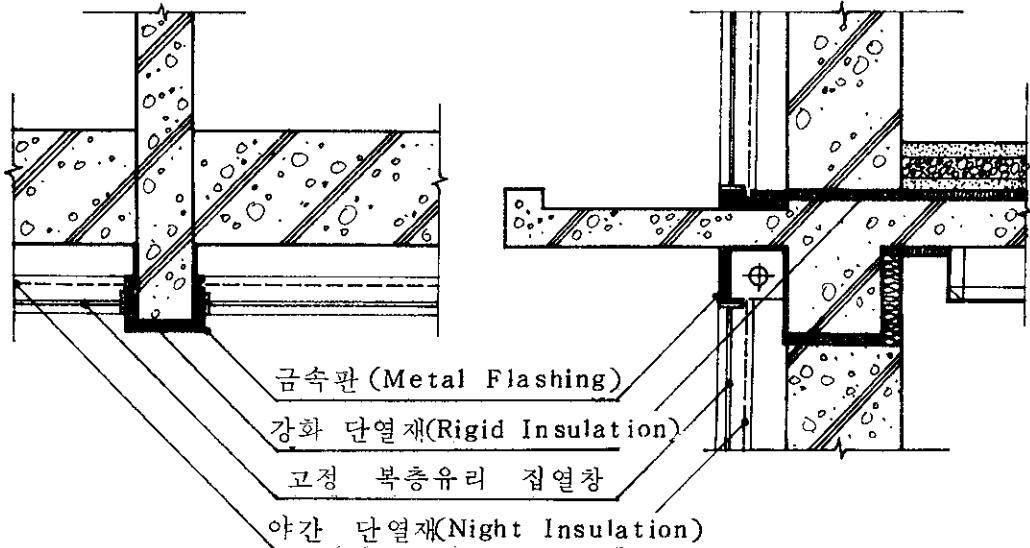


그림 10. 트롬벽 방식의 시스템 평면과 단면

단면 상세도는 고정 복층유리로 되어 있는 집열창 상·하부와 야간 단열재의 단열 설계를 나타내고, 축열체 상·하부와 바닥 슬라브 사이의 Thermal Break에 의해 냉교현상을 방지하기 위한 단열 설계이다.

그림 11은 직접획득방식의 바닥 축열체와 바닥 슬라브 사이의 단열 설계와 야간단열재의 설치를 나타내고 있다.

주 11) 계속

로도 높은 열관류율을 얻을 수 있고 구조적으로도 성능이 뛰어난 폴리우레тан등과 같은 고강도 단열재를 말함.

그림 12는 부착온실방식의 단면 상세도이다. 바닥 축열체로 사용된 발코니와 집열창 접합부 사이를 강화 단열재, 금속판등을 사용해 냉교현상을 방지했다. 트롬벽방식과 같이 축열체 상·하부와 바닥 슬라브 사이는 Thermal Break에 의해 단열설계 하였다.

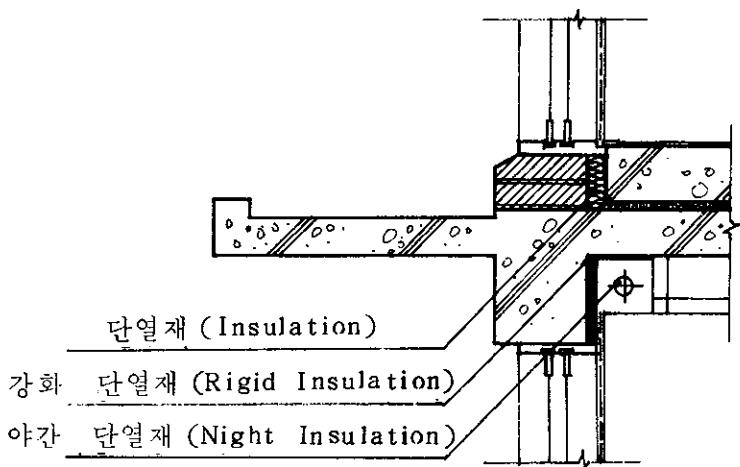


그림 11. 직접회득방식의 시스템 단면

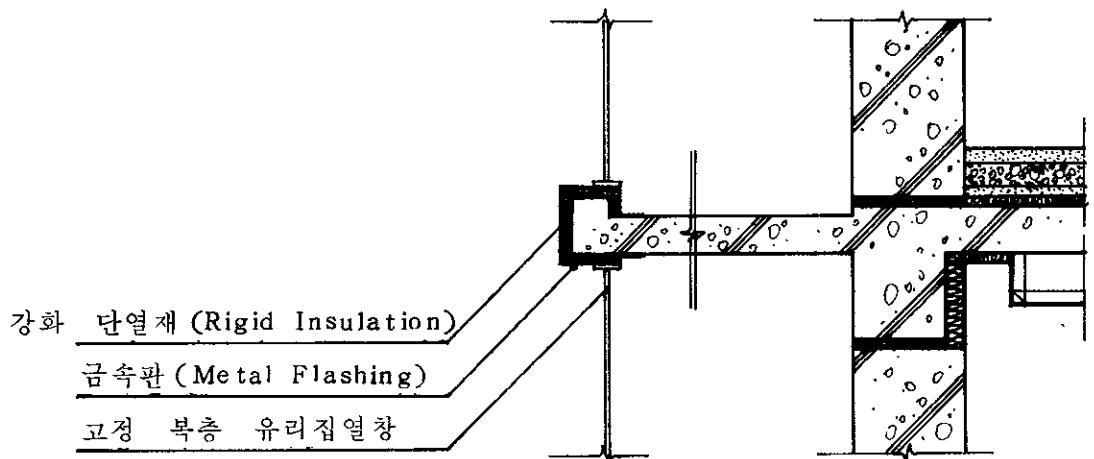
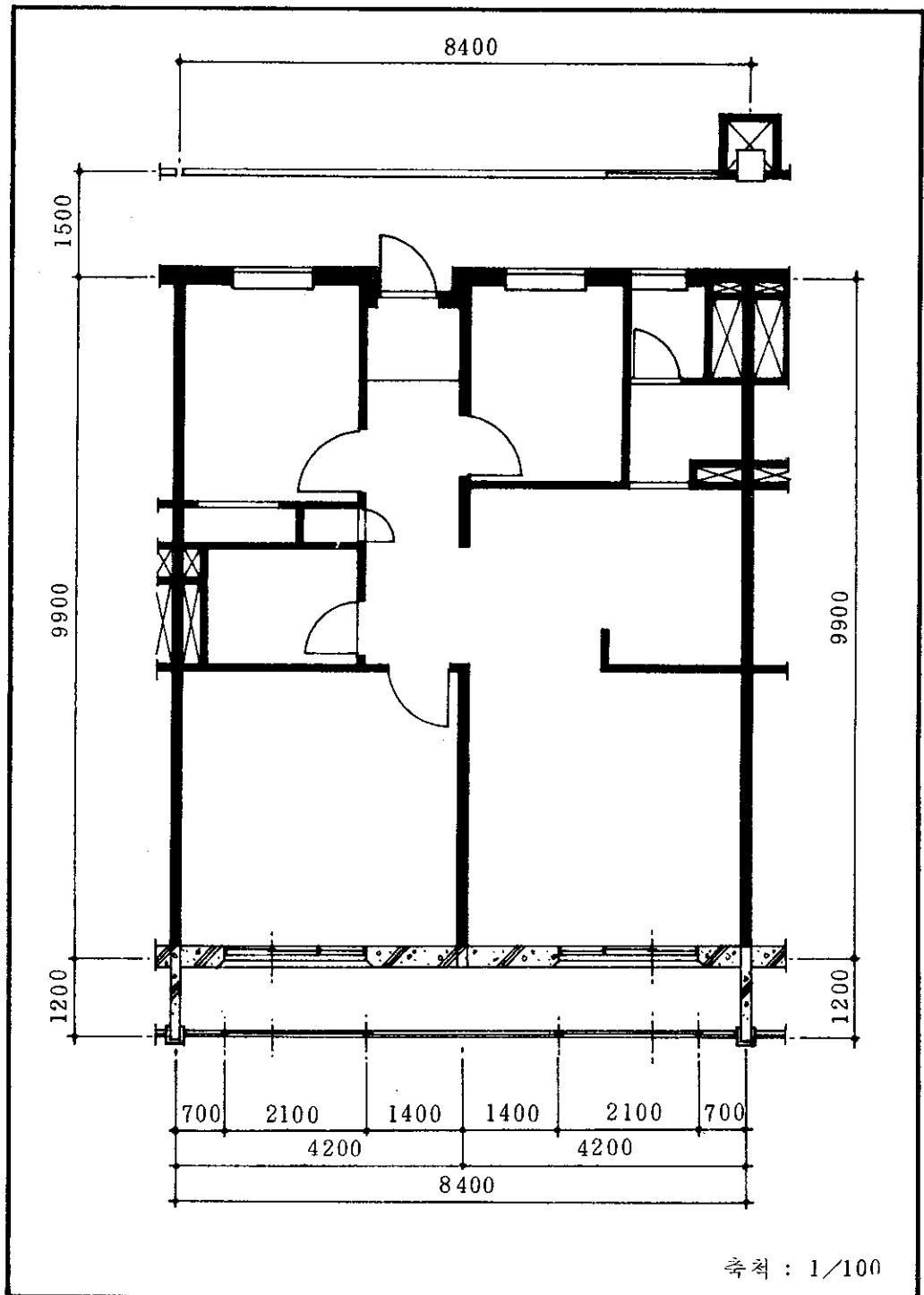


그림 12. 부착온실방식의 시스템 단면

기존의 태양열 주택은 집열창 설계 시 통상적으로 900mm를 기본 창 모듈로 사용하였다. 그러나 900mm 창 모듈은 트롬벽과 부착온실의 채광 및 통풍용 창의 크기가 변화됨에 따라 그 크기가 변화되어야만 한다. 적정 창 모듈에 의한 집열창의 설치는 더 많은 태양열사를 받아들일 수 있고, 여름철 자연통풍에 의한 냉방도 가능하게 한다. 여기서는 채광창의 크기가 700mm를 기준으로 하고 있으므로 집열창도 700mm의 창과 1400mm의 고정 창을 적절히 사용하기로 한다.

제 4 절 자연형 태양열 아파트의 대안

본 논문의 제 2 절 자연형 태양열 시스템의 적용에서 선택된 네 가지 대안의 기본평면은 다음 그림 13 ~ 그림 16 과 같다. 그림 13 은 대안 I로서 거실과 침실 모두에 부착온실방식을 적용한 것으로 아파트 전면의 발코니를 부착온실로 이용하고 있다. 그림 14 는 대안 II로서 침실에는 부착온실, 거실에는 직접획득방식을 적용하였다. 그림 15 는 대안 III로서 침실에는 트롬벽방식, 거실에는 부착온실방식을 적용하고, 마지막으로 그림 16 은 대안 IV로서 침실에는 트롬벽 방식, 거실에는 직접획득방식을 적용하였다. 각 대안에 적용된 시스템의 규모와 부위별 상세설계 내용은 본 장의 제 3 절에 상세히 언급되었다. 이 네 가지 대안을 가지고 열성능 분석하여 하나의 대안에 대하여 계획안을 제시하게 된다.



축척 : 1/100

그림 13. 대안 I 평면도

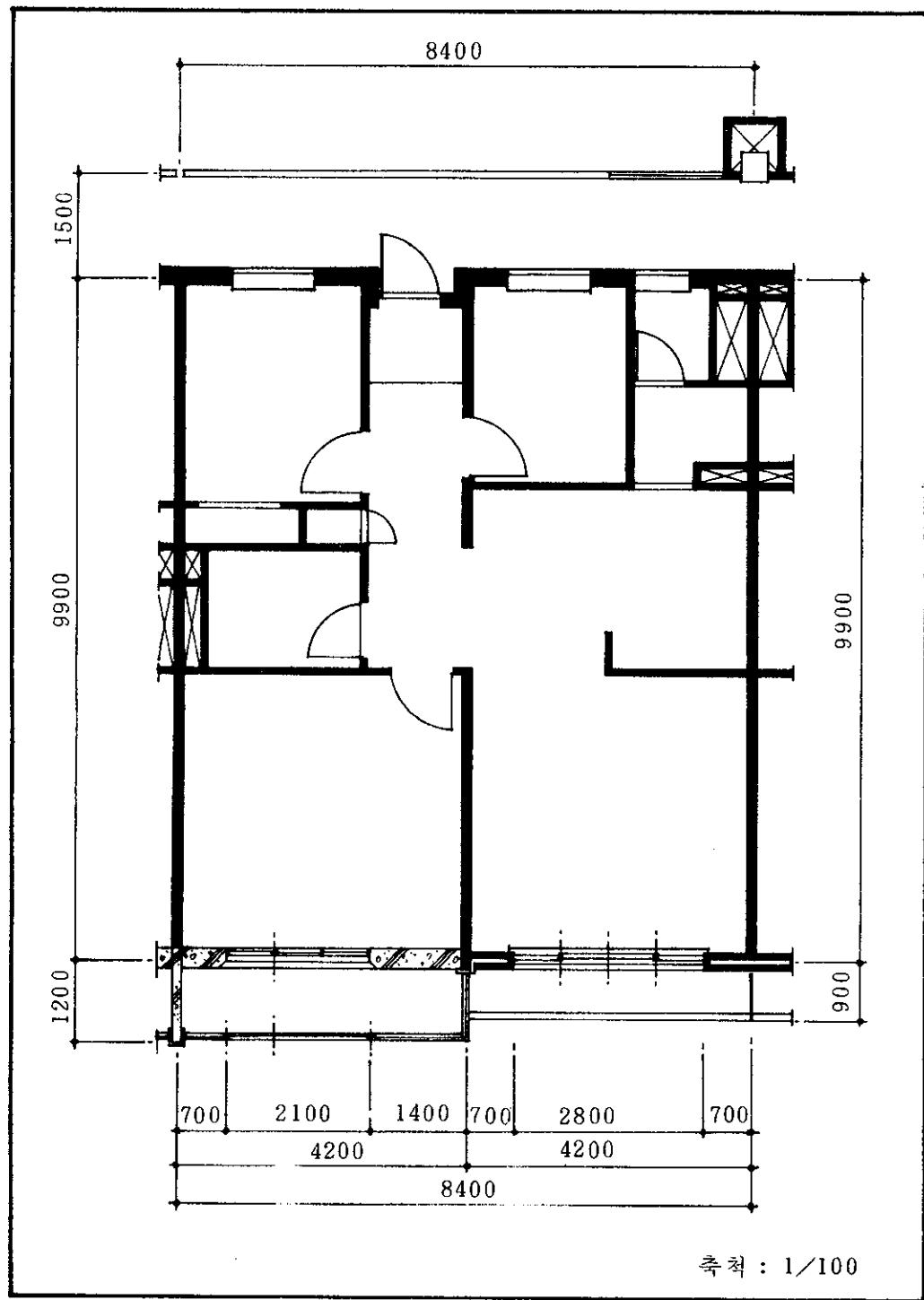


그림 14. 대안Ⅱ 평면도

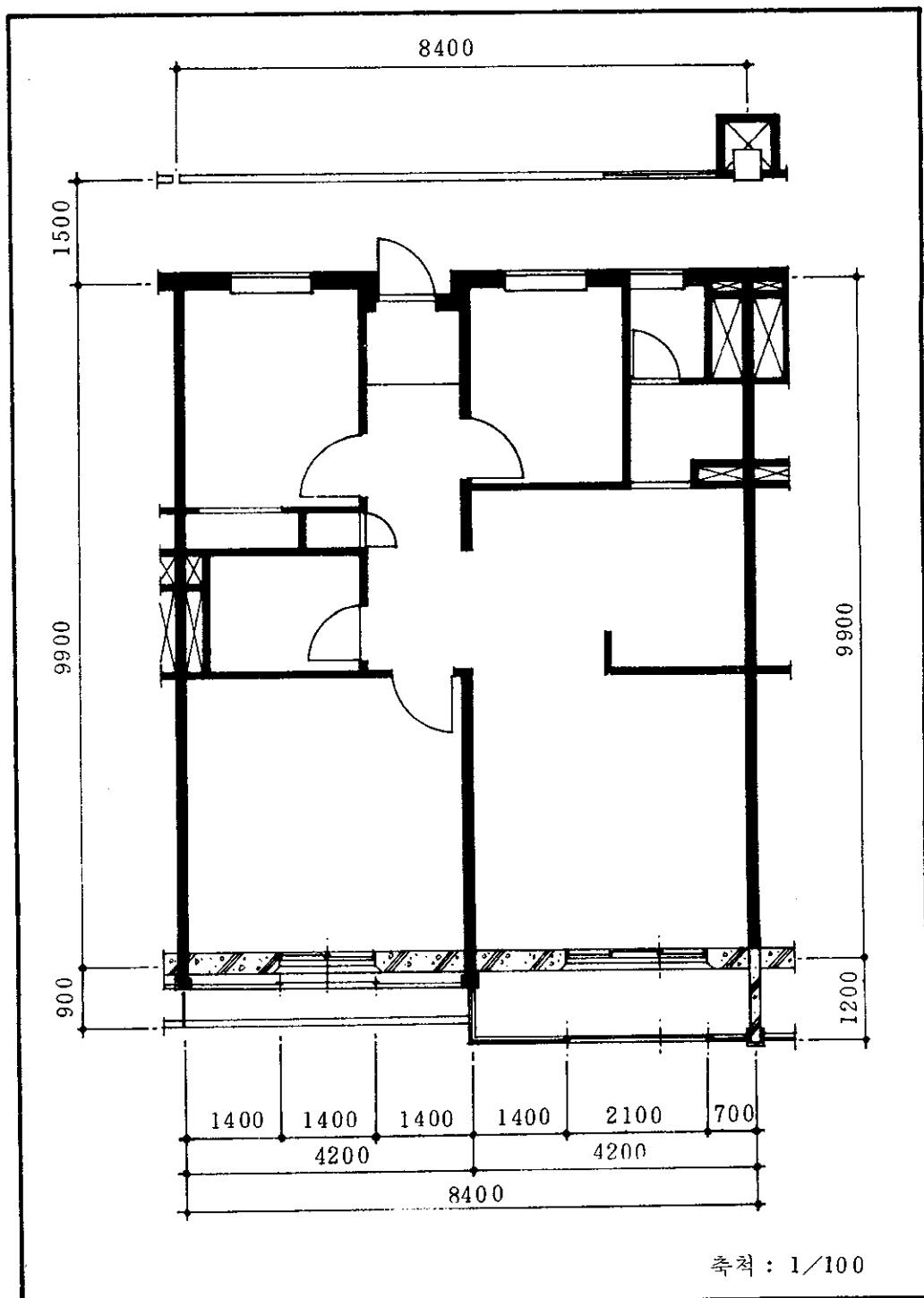


그림 15. 대안Ⅲ 평면도

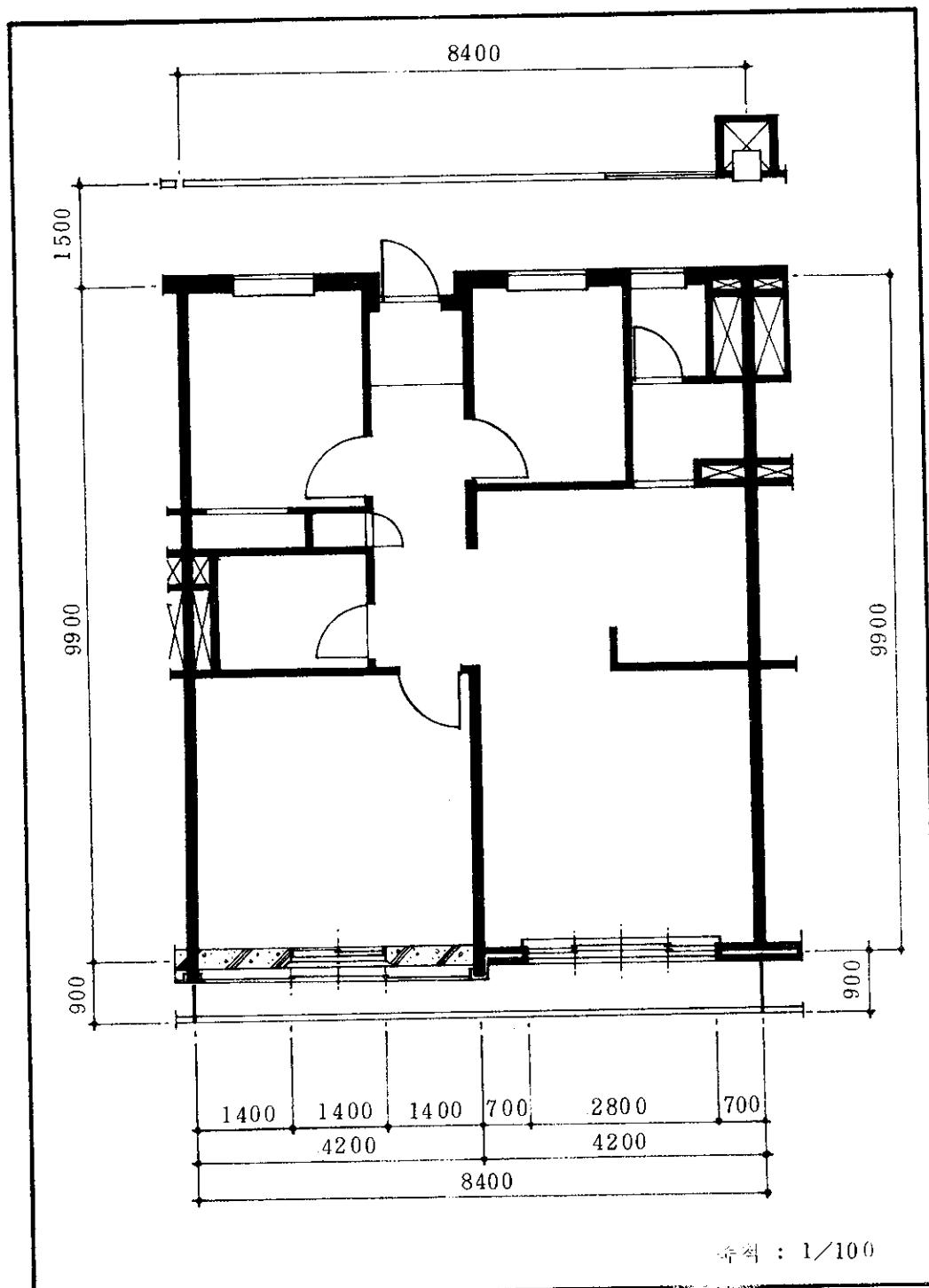


그림 16. 대안IV 평면도

제 4 장 자연형 태양열 아파트의 열성능 분석

열성능 분석의 기준이 되는 성능지표에는 크게 SHF (Solar Heating Fraction)와 SSF (Solar Savings Fraction)가 있다. SSF는 비 태양열 건물의 난방 요구량에 대한 태양열 건물의 태양열에 의한 에너지 절감 비율을 말하며¹⁾ SHF는 비교 대상이 비 태양열 건물이 아닌 태양열 건물로서 SSF 보다는 큰값을 나타낸다. SSF는 시스템을 적용한 남쪽벽의 열손실을 고려하지 않은 건물의 순난방부하로 구하여 SHF는 실제난방부하로 구한다. 그러나 설계과정에서 실제 난방부하를 구하기 어렵고 비 태양열 건물을 비교 대상으로 하는 것이 타당하기 때문에 요즘은 SHF는 거의 사용하지 않고 SSF를 주로 사용한다.

태양열 절감율 (SSF)을 구하는 계산방법으로 최근 1983년에 LASL에서 많은 실험자료와 함께 발표한 SLR Method를 이용하기로 한다. SLR Method는 설계의 마지막 단계인 시공준비단계에서 사용하는 가장 상세하고 정확한 태양열 절감율 계산방법이다. 시공준비단계에서 비교적 정확한 태양열 절감율을 계산할 수 있는 또 다른 방법은 건물요소인 LCR (Load Collector Ratio)과 기후요소인 S/DD를 계산하여 그레프에서 태양열 절감율을 찾는 방법이다. 본 연구에서는 전자를 이용하기로 한다.

주 1) J.D.Balcomb, Passive Solar Design Handbook Vol. II, 1980, p.10.

본 장의 제 1 절에서는 SLR Method 와 태양열 절감율 계산용 컴퓨터 프로그램의 개발에 대하여 언급하고, 제 2 절에서는 태양열 절감율 계산에 따른 열성능 분석에 대하여 언급했다.

제 1 절 연간 태양열 절감율의 계산

제 1 항 SLR Method

설계전개 단계에서는 LCR를 이용하여 태양열 절감율과 보조난방 소요량을 간단히 구할 수가 있다. 그러나 이 때는 차양과 같이 접열창을 통과하는 태양열 취득량의 크기를 좌우하는 인자들이나, 실내설정온도, 내부 발생열량에 의한 영향등을 고려하지 않았기 때문에 실제의 값과는 상당한 오차가 있게 된다.²⁾ 그래서 설계 마지막 단계인 시공준비 단계에서는 이에 대한 상세한 해석이 필요하게 된다. 여기서 사용되는 SLR Method는 시스템 유형별로 열적 효율에 영향을 미치는 인자들을 고려하여 월별 태양열 절감율을 구할 수 있도록 되어 있다.

SLR Method는 비교 분석법 (Correlation Method)으로 접근 해석법 (Simulation)과는 달리 어떠한 대상을 해석하고자 할 때 그 대상과 조사한 다른 대상의 변수를 비교하여 분석하는 비교적 간단한 해석방법이다.

SLR (Solar Load Ratio)은 흡수된 태양에너지 량을 건물의 난방부하

주 2) 한국동력자원 연구소, 자연형 태양열 시스템의 개발, 1981, p.20.

로 나눈 값으로 다음의 식과 같다.

$$SLR = \frac{Q_s}{Q_{load}} = \frac{\text{흡수된 태양에너지}}{\text{건물의 난방부하}} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

위의 식에서 비교되는 각 항의 Correlation time은 1개월이며 여기서 나타나는 SLR은 문자, 분모 모두가 에너지 단위이므로 무차원 변수로 나타난다. 또한 이 SLR 값으로 읽을 수 있는 SSF는 다음과 같다.

$$SSF = 1 - \frac{\text{보조열원 소모량}}{\text{건물의 순난방부하}} \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

여기서 건물의 순난방부하는 비 태양열 전물의 난방도일에 의한 부하와 같다. 즉,

$$\text{순난방부하} = NLC \cdot DD \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

여기서 NLC는 건물의 순부하게수이며, 이는 건물에 집열벽을 부착하지 않은 상태에서 계산된 것이다. 월별 보조열원 소모량은 다음의 식으로 계산한다.

$$\text{보조열원 소모량} = NLC \cdot DD \cdot (1 - SSF) \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

식(2)에서 SSF, 즉 태양열 절감율이란 태양열 설비가 없는 부분에서 잃은 DD load에 대한 자연형 시스템에 의해 절감될 수 있는 DD load의 비율을 뜻한다.

SLR 비교 분석법에 의해 태양열 절감율을 계산하기 위해서는 먼저 비교할 기준이 있어야 한다. 1983년 LASL에서는 SLR 비교 분

석안을 만들기 위하여 여러 가지 형태의 모델을 제작하였으며 이 모델들은 LCR을 각기 달리하여 시간별로 전산 처리하였다. 여기서 나타난 자료들은 자연형 건물을 설계할 때 변화 시킬 수 있는 몇 가지 요인들을 미리 비교하여 볼 수 있도록 처리하였다. 즉, 실내설정온도, 실내 발생열량, 집열창의 향이나 크기, 차양이나 기타 다른 것들로 생기는 그림자의 영향등이다. 그러나 이러한 각 요인들을 서로 각기 달리하여 거꾸로 자연형 건물시스템의 효율을 계산할 수는 없으며 단지 설계시 같은 상황하의 타 건물과 비교할 수 있을 뿐이다.

자연형 건물의 해석에 있어 직접회득방식, 트롬벽방식등 각 시스템의 부품 규격등을 실제로 변형시킬 수 있는 범위에서 이를 전산 처리하였으며 이에 관한 가정치는 다음 표 5³⁾와 같다.

직접회득방식의 경우 집열창의 매수, 축열체의 두께, 집열창과 축열체의 면적비등을 변형하여 9 가지 경우(표 6)를 계산하였으며, 트롬벽방식과 물벽방식의 경우 단열막의 유무, 선택 흡수막의 처리 유무, 트롬벽과 물벽의 두께와 열전도율, 트롬벽의 경우 통기구의 유무등을 고려하여 57 가지의 변화(표 7 ~ 9)를 주었고 부착온실방식은 온실의 형태(그림 17), 축열재료의 선택, 야간 단열막의 유무를 고려하여 28 가지(표 10)를 계산할 수 있게 하였다.

주 3) J.D.Balcomb, Passive Solar Design Handbook Vol.III, p.232 ~ p.240.

표 5. 기준 시스템의 설계 내용

REFERENCE DESIGN CHARACTERISTICS FOR SLR CORRELATIONS

<u>Masonry properties</u>	
thermal conductivity (k)	
sunspace floor	0.5 Btu/h ft F
all other mason'	1.0 Btu/h ft F
density (ρ)	150 lb/ft ³
specific heat (c)	0.2 Btu/lb F
infrared emittance of normal surface	0.9
infrared emittance of selective surface	0.1
<u>Solar absorptances</u>	
water wall	1.0
masonry, Trombe wall	1.0
direct gain and sunspace	0.8
sunspace: water containers	0.9
lightweight common wall	0.7
other lightweight surfaces	0.3
<u>Glazing properties</u>	
transmission characteristics	diffuse
orientation	due south
index of refraction	1.526
extinction coefficient	0.5 in ⁻¹
thickness of each pane	1/8 in
air gap between panes	1/2 in
infrared emittance	0.9
<u>Control range</u>	
room temperature	65 F to 75 F
sunspace temperature	45 F to 95 F
internal heat generation	0
<u>Thermocirculation vents</u>	
(when used)	
vent area/projected area (sum of both upper and lower vents)	0.06
height between vents	8 ft
reverse flow	none
<u>Night insulation</u>	
(when used)	
thermal resistance	R9
in place, solar time	5:30 pm to 7:30 am
<u>Solar radiation assumptions</u>	
shading	none
ground diffuse reflectance	0.3

표 6. 직 접획득 방식의 종류

DIRECT GAIN SYSTEMS

<u>Designation</u>	<u>Thermal Storage Capacity*</u> (Btu/ft ² F)	<u>Mass Thickness*</u> (in.)	<u>Mass-to-Glazing-Area Ratio</u>	<u>No. of Glazings</u>	<u>Night Insulation</u>
A1	30	2	6	2	no
A2	30	2	6	3	no
A3	30	2	6	2	yes
B1	45	6	3	2	no
B2	45	6	3	3	no
B3	45	6	3	2	yes
C1	60	4	6	2	no
C2	60	4	6	3	no
C3	60	4	6	2	yes

*The thermal storage capacity is per unit of projected area, or, equivalently, the quantity ρc . The wall thickness is listed only as an appropriate guide by assuming $\rho c = 30 \text{ Btu/ft}^3 \text{ F}$.

표 7. 트롬 벽 방식의 종류(통기구있음)

TROMBE WALL SYSTEMS - VENTED

Designation	Thermal Storage Capacity* (Btu/ft ² F)	Wall Thickness* (in.)	pck (Btu ² /h ft ⁴ F ²)	No. of Glazings	Wall Surface	Night Insulation
A1	15	6	30	2	normal	no
A2	22.5	9	30	2	normal	no
A3	30	12	30	2	normal	no
A4	15	18	30	2	normal	no
B1	15	6	15	2	normal	no
B2	22.5	9	15	2	normal	no
B3	30	12	15	2	normal	no
B4	45	18	15	2	normal	no
C1	15	6	7.5	2	normal	no
C2	22.5	9	7.5	2	normal	no
C3	30	12	7.5	2	normal	no
C4	45	18	7.5	2	normal	no
D1	30	12	30	1	normal	no
D2	30	12	30	3	normal	no
D3	30	12	30	1	normal	yes
D4	30	12	30	2	normal	yes
D5	30	12	30	3	normal	yes
E1	30	12	30	1	selective	no
E2	30	12	30	2	selective	no
E3	30	12	30	1	selective	yes
E4	30	12	30	2	selective	yes

*The thermal storage capacity is per unit of projected area, or, equivalently, the quantity pck. The wall thickness is listed only as an appropriate guide by assuming $pck = 30 \text{ Btu/ft}^2 \text{ F}$.

표 8. 트롬벽 방식의 종류 (통기구없음)

TROMBE WALL SYSTEMS - UNVENTED

Designation	Thermal Storage Capacity* (Btu/ft ² F)	Wall Thickness* (in.)	$\alpha\omega$ (Btu ² /h ft ⁴ F ²)	No. of Glazings	Wall Surface	Night Insulation
F1	15	6	30	2	normal	no
F2	22.5	9	30	2	normal	no
F3	30	12	30	2	normal	no
F4	45	18	30	2	normal	no
G1	15	6	15	2	normal	no
G2	22.5	9	15	2	normal	no
G3	30	12	15	2	normal	no
G4	45	18	15	2	normal	no
H1	15	6	7.5	2	normal	no
H2	22.5	9	7.5	2	normal	no
H3	30	12	7.5	2	normal	no
H4	45	18	7.5	2	normal	no
I1	30	12	30	1	normal	no
I2	30	12	30	3	normal	no
I3	30	12	30	1	normal	yes
I4	30	12	30	2	normal	yes
I5	30	12	30	3	normal	yes
J1	30	12	30	1	selective	no
J2	30	12	30	2	selective	no
J3	30	12	30	1	selective	yes
J4	30	12	30	2	selective	yes

*The thermal storage capacity is per unit of projected area, or, equivalently, the quantity $\alpha\omega$. The wall thickness is listed only as an appropriate guide by assuming $\alpha = 30 \text{ Btu/ft}^3 \text{ F}$.

표 9. 물벽 방식의 종류

WATER WALL SYSTEMS

<u>Designation</u>	<u>Thermal Storage Capacity*</u> (Btu/ft ² F)	<u>Wall Thickness</u> (in.)	<u>No. of Glazings</u>	<u>Wall Surface</u>	<u>Night Insulation</u>
A1	15.6	3	2	normal	no
A2	31.2	6	2	normal	no
A3	46.8	9	2	normal	no
A4	62.4	12	2	normal	no
A5	93.6	18	2	normal	no
A6	124.8	24	2	normal	no
B1	46.8	9	1	normal	no
B2	46.8	9	3	normal	no
B3	46.8	9	1	normal	yes
B4	46.8	9	2	normal	yes
B5	46.8	9	3	normal	yes
C1	46.8	9	1	selective	no
C2	46.8	9	2	selective	no
C3	46.8	9	1	selective	yes
C4	46.8	9	2	selective	yes

표 10. 부착온실 방식의 종류

SUNSPACE SYSTEMS					
<u>Designation</u>	<u>Type</u>	<u>Tilt (degrees)</u>	<u>Common Wall</u>	<u>End Walls</u>	<u>Night Insulation</u>
A1	attached	50	masonry	opaque	no
A2	attached	50	masonry	opaque	yes
A3	attached	50	masonry	glazed	no
A4	attached	50	masonry	glazed	yes
A5	attached	50	insulated	opaque	no
A6	attached	50	insulated	opaque	yes
A7	attached	50	insulated	glazed	no
A8	attached	50	insulated	glazed	yes
B1	attached	90/30	masonry	opaque	no
B2	attached	90/30	masonry	opaque	yes
B3	attached	90/30	masonry	glazed	no
B4	attached	90/30	masonry	glazed	yes
B5	attached	90/30	insulated	opaque	no
B6	attached	90/30	insulated	opaque	yes
B7	attached	90/30	insulated	glazed	no
B8	attached	90/30	insulated	glazed	yes
C1	semi-enclosed	90	masonry	common	no
C2	semi-enclosed	90	masonry	common	yes
C3	semi-enclosed	90	insulated	common	no
C4	semi-enclosed	90	insulated	common	yes
D1	semi-enclosed	50	masonry	common	no
D2	semi-enclosed	50	masonry	common	yes
D3	semi-enclosed	50	insulated	common	no
D4	semi-enclosed	50	insulated	common	yes
E1	semi-enclosed	90/30	masonry	common	no
E2	semi-enclosed	90/30	masonry	common	yes
E3	semi-enclosed	90/30	insulated	common	no
E4	semi-enclosed	90/30	insulated	common	yes

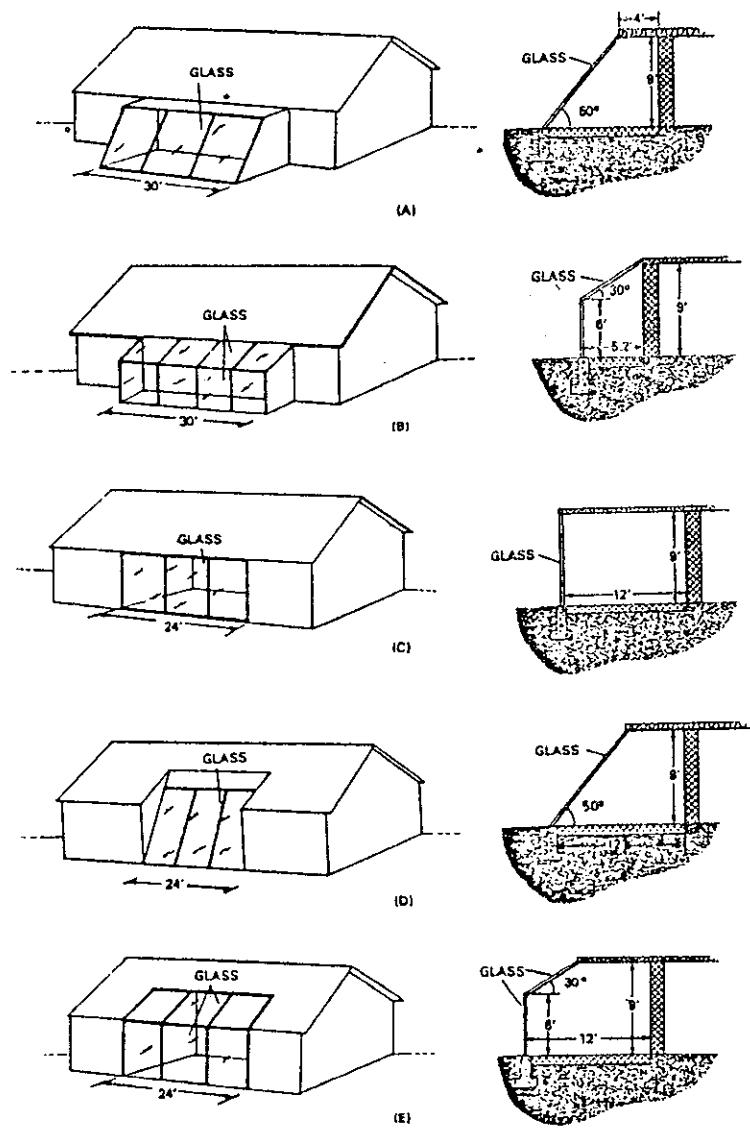


그림 17. 부착온실의 형태

직접회득방식과 다른 자연형 시스템의 SLR 비교식은 약간 차이가 있으나 이 용을 쉽게 하기 위하여 두가지 식을 다음의 한식으로 나타내 있다.

$$F = B - C \cdot \exp(-D \cdot X) \quad \text{단, } X > R \text{ 일 때} \quad \dots \dots \dots \quad (7)$$

로 나타난다.

식(7)에서 F 의 최대치는 1을 넘을 수 없다. 또한 X 값은 Solar Load Ratio이다. 즉

$$X = (S/DD - LCR_s \cdot H) / (LCR \cdot K) \quad \dots \dots \dots \quad (8)$$

위의 식에서 A, B, C, D, G 및 H값을 Solar Load Ratio 상수⁴⁾는 본 논문의 부록2. 「연간 태양열 절감율 계산 프로그램」에 나와 있다.

위의 식들에서 직접회득방식의 경우 H 값은 0이며, 나머지 시스템은 $B = 1$, $G = 0$ 의 값을 가진다. 또한 여기서 LCR값은

주 4) Solar Load Ratio 상수는 부록 2 연간 태양열 절감율 계산 프로그램
을 참고하거나 J.D.Balcomb, Passive Solar Design Handbook Vol.Ⅲ,
1983, p.238 ~ p.239.

한국동력자원 연구소, 자연형 시스템개발 및 대체에너지 정책 비교분석, 1983, p.18 ~ p.20 을 참고.

단, NLC = Net Load Coefficient

Ap = 집열창 면적

여기서 NLC 즉 건물의 순 난방부하계수란 남측면, 즉 집열부위의 열전달을 제외한 건물의 난방부하계수를 뜻한다. 또한 Ap는 집열부 면적으로, 수직면으로 태양열을 받을 수 있는 집열창의 전체 면적이다. 즉 자연형 건물의 정면도상에 나타나는 집열창의 면적을 의미하며, 이것은 집열창의 실제면적 (Ac) 산정과는 조금 다르다. Ap와 Ac의 차이는 온실형의 경우 윗부분의 경사진 부분을 처리할 때 나타난다.

변수 LCRs는 자연형 시스템 자체에서 외부로 손실되는 부하를 고려한 Load Collector Ratio로 Solar Load Ratio 상수에 나타나 있으나, 보다 정확한 계산을 위하여 LCRs를 계산하여야 한다. 변수 S는 집열부 단위당 순면적에 흡수된 월간 태양에너지 양을 의미한다.

일사량의 계산도 SLR Method 와 비슷한 비교 분석법으로 알아볼 수 있다. 일사량 계산에 영향을 미치는 요소들은 지표면 반사율, 집열창 투과율, 축열체 흡수율, 차양 효과, 집열창의 방위각과 기울기 등이 있다. 일사량의 계산시 이 모든 요소들이 미치는 효과를 고려해야 한다.

일사량에 영향을 주는 모든 요소에 대한 계산방법은 지금까지 발

행된 많은 연구보고서⁵⁾나 논문에서 이미 언급되어 있으므로 여기서는 생략하기로 한다.

제 2 항 컴퓨터 프로그램의 개발

지금까지 제 1 항에서 언급한 SLR Method에 의한 태양열 절감율의 계산을 사람이 직접 수계산 한다면 많은 시간을 필요로 하며 정확한 계산을 기대하기도 힘들다. 태양열 절감율 계산의 입력 자료를 변화시키며 열성능을 분석하는 연구나, 태양열 절감율의 많은 반복 계산을 요구하는 연구, 또는 지역을 변화시키며 열성능을 분석하는 연구를 수계산에 의해 한다는 것은 거의 불가능하다.

SLR Method에 의한 태양열 절감율 계산 컴퓨터 프로그램은 이미 1983년 한국 동력자원 연구소에서 HP 9845 DTC를 통하여 HP-BASIC 언어에 의해 개발되었다. 이 프로그램은 기상자료를 수록한 D.MET와 SLR Method의 상수나 계수를 수록한 D.SLR의 두 data file을 사용하는 프로그램이다.

그러나 한국 동력자원 연구소에서 개발한 이 프로그램에는 월간 단위 면적당(순 집열창 면적) 흡수되는 일사량에 대해 영향을 미치

주 5) 한국 동력자원 연구소, 자연형 시스템 개발 및 대체에너지 정책 비교 분석, 1983, p.21 ~ p.26.

J.D. Balcomb, Passive Solar Design Handbook Vol. II, 1980, Appendix C.

J.D. Balcomb, Passive Solar Design Handbook Vol. III, 1983, Appendix E.

는 지표면 반사율(Ground Reflectance), 접열창 투과율(Transmittance), 축열체 흡수율(Solar Absorptances), 차양 효과(Overhang and Separation), 접열창의 방위 각(Azimuth)과 기울기(Tilt) 중에서 투과율만 고려했고 나머지 영향 요소들은 기준설계 내용⁶⁾을 적용하는 것으로 하였다. 그러므로 이 영향 요소들이 기준설계 내용과는 달리 설계될 때 태양열 절감율은 오차가 발생하게 된다.

본 연구에서 개발한 컴퓨터 프로그램은 한국 동력자원 연구소에서 개발한 프로그램을 바탕으로 일사량에 영향을 미치는 지표면 반사율, 축열체 흡수율, 차양 효과, 접열창의 방위각과 기울기를 설계조건에 따라 입력하도록 하였고 계산과정에 포함하여 더욱 정확한 태양열 절감율을 계산하도록 하였다.

본 연구에 사용된 일사량 자료는 한국 동력자원 연구소에서 전국 15개 지역을 대상으로 고도로 정밀한 측정기기를 사용하여 최근 2년 밖에 걸쳐 측정된 자료를 적용하였다. 기온 자료는 1970년부터 1979년까지 10년 동안의 평균값을 사용하였다.⁷⁾

한국 동력자원 연구소에서 사용한 HP 9845 DTC 와 HP-BASIC 은 우리에게 잘 알려져 있지 않았고 사용하기에 어려움이 있으므로 본 연구에서는 우리가 쉽게 접할 수 있고 쉽게 사용할 수 있는 APP-

주 6) 본 장의 제 1항 표 12를 참고.

7) 본 논문의 부록 2. 연간 태양열 절감율 계산 프로그램을 참고하거나 한국동력자원 연구소, 자연형 태양열 시스템개발(IV), 1984, p.129 ~ p.134 를 참고.

LE-BASIC 언어에 의해 프로그램을 개발하였다. 이 APPLE-BASIC은
몇 가지 명령어를 변경하여 IBM-PC에도 사용 가능하다.

본 연구에서 개발한 프로그램과 프로그램 실행의 예는 부록 2. 「연간 태양열 절감율 계산 프로그램」에 수록하였다.

제 2 절 열성능 분석 및 고찰

본 논문의 제3장 제4절 자연형 태양열 아파트의 대안에서 제시한 네 가지 대안에 대하여 연간 태양열 절감율을 계산하여 열성능을 분석한다. 열성능 분석에 따라 가장 성능이 좋은 하나의 대안을 결정하게 된다. 연간 태양열 절감율을 컴퓨터 프로그램에 의해 계산하면 먼저 입력할 자료를 산정해야 한다.

입력자료는 크게 3가지로 나눌 수 있고 다음 표 11은 각 입력 자료의 입력 범위와 프로그램 안에서의 변수를 나타내고 있다.

모든 대안에 있어서 공통인 건물요소의 NLC를 계산하기 위하여 표 12와 같이 남측 집열부를 제외한 건물의 열손실량을 계산하였다.

표 11. 입력 자료 및 범위

구 분	입 력 자 료 및 범 위	변 수
전 물 요소	NLC = Net Heating Load Coeff.	NHLC
시스템 요소	System Type(DG, TW, WW, SS)	ST\$
	System Number (豆 13 ~ 豆 17)	ST
	LCR = Load Collector Ratio	LCR

구 분	입 력 자 료 및 범 위	변 수
시스템 요소	LCRs = LCR for Solar Aperture Tbase = Balance Point Temperature	SLCR TBASE
일사량 요소	OVER = Overhang ($X/H = 0 \sim 0.5$) SEPA = Separation ($Y/H = 0 \sim 0.5$) Ground Reflectance ($0 \sim 1$) Azimuth ($0^\circ \sim 90^\circ$ East or West) Tilt ($45^\circ \sim 90^\circ$) Solar Absorptances ($0 \sim 1$)	OVER SEPA RG AZIM TILT ASO

표 12. 견물의 열손실

구 분	면적 A (m^2)	열 관류율 U ($W/m^2\text{ }^\circ\text{C}$)	$U \times A (W/\text{ }^\circ\text{C})$
천 장	661.68	0.450	297.76
동 · 서 벽	772.20	0.452	349.03
북 벽	2,176.80	0.573	1,247.31
바 닥	661.68	0.172	113.81
문	229.20	2.440	559.25
창	214.8	3.485	748.58
국 간 풍	$0.335 (W/m^2\text{ }^\circ\text{C}) \times 0.995 \times 0.5 \times \text{체적} (m^3) =$ $0.1667 \times 25,805.52$		4,301.78
합 계			7,617.52

표 12에서 0.335 ; 해면에서 공기의 체적 열용량

0.995 ; 공기 밀도 계수 (ADR)

0.5 ; 시간당 공기 교환율 (ACH)

$$\text{여기서 } NLC = 24(\text{hr}) \times 7617.52 (\text{W}/\text{°C}) = 182820 \text{ Wh}/\text{°C day}$$

대안 I의 남측 집열부를 통한 열손실량은 표 13과 같다.

표 13.

대안 I의 집열부 열손실

구 분	면 적 (m^2)	열 관류율 ($\text{W}/m^2\text{°C}$)	$U \times A (\text{W}/\text{°C})$
집열창	2222.64	3.602	8005.95
동·서벽	93.6	0.452	42.31
천장	80.64	0.450	36.29
바닥	80.64	0.172	13.87
극간 풍		0.1667×3144.96	524.26
합계			8622.68

여기서 집열부 순면적 $A_p = 2222.64 m^2$ 이고

$$TLC (\text{전난방부하 계수}) = 24 \times (7617.52 + 8622.68) = 389765 \text{ Wh}/\text{°C day}$$

$$LCR = NLC/A_p = 182820/2222.64 = 82.3 \text{ Wh}/m^2\text{°C day}$$

$$LCRs = 24 \times 8622.68/2222.64 = 93.1 \text{ Wh}/m^2\text{°C day}$$

$$T_{base} = 20 - 11712 (\text{Wh/day}) \times 8 \times 15 / 389765 (\text{Wh}/\text{°C day}) = 16.4 \text{ °C}$$

OVER = 0, SEPA = 0, RG = 0.3

AZIM = 0°, TILT = 90°, ASO = 0.8

대안Ⅱ의 남측 집열부를 통한 열손실량은 표14와 같다.

표 14.

대안Ⅱ의 집열부 열손실

구 분	면 적 (m^2)	열 관 류 율 (W/ $m^2\text{ }^\circ\text{C}$)	U×A(W/ $^\circ\text{C}$)
집열창 SS	1429.2	3.602	5147.98
동 · 서 벽	93.6	0.452	42.31
천 장	40.32	0.450	18.14
바 닥	40.32	0.172	6.94
극 간 풍		0.1667 × 1572.48	262.13
합 계			5477.50

여기서 집열부 순면적 $Ap = 1993.2 \text{ } m^2$ 고

$$TLC = 24 \times (7617.52 + 5477.50) = 314280 \text{ Wh}/\text{ }^\circ\text{C day}$$

$$LCR = 182820/1993.2 = 91.7 \text{ Wh}/\text{ } m^2\text{ }^\circ\text{C day}$$

$$LCRs = 24 \times 5477.50/1993.2 = 66.0 \text{ Wh}/\text{ } m^2\text{ }^\circ\text{C day}$$

$$T_{base} = 20 - 11712 \times 8 \times 15/314280 = 15.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

부착온실 방식 (침실)의 경우

OVER = 0, SEPA = 0, RG = 0.3

AZIM = 0°, TILT = 90°, ASO = 0.8

직접회득방식(거실)의 경우

$$\text{OVER} = 0.375, \quad \text{SEPA} = 0.125, \quad \text{RG} = 0.3$$

$$\text{AZIM} = 0^\circ, \quad \text{TILT} = 90^\circ, \quad \text{ASO} = 0.8$$

대안Ⅲ의 남측 집열부를 통한 열손실량은 표 15와 같다.

표 15.

대안Ⅲ의 집열부 열손실

구분	면적 (m^2)	열관류율 ($W/m^2\text{C}$)	$U \times A (W/\text{C})$
집열창 TW	1043.28	2.093	2183.59
집열창 SS	1429.20	3.602	5147.98
동·서벽	23.40	0.452	10.58
천장	50.40	0.450	22.68
바닥	50.40	0.172	8.67
극간풍	0.1667×1965.6		327.67
합계			7701.17

여기서 집열부 순면적 $A_p = 2472.48 m^2$ 이고

$$TLC = 24 \times (7617.52 + 7701.17) = 367649 \text{ Wh}/\text{C day}$$

$$LCR = 182820/2472.48 = 73.9 \text{ Wh}/m^2 \cdot \text{C day}$$

$$LCRs = 24 \times 7701.17/2472.48 = 74.8 \text{ Wh}/m^2 \cdot \text{C day}$$

$$T_{base} = 20 - 11712 \times 8 \times 15/367649 = 16.2 \text{ }^\circ\text{C}$$

트롬벽 방식(침실)의 경우

$$\text{OVER} = 0.25, \quad \text{SEPA} = 0.125, \quad \text{RG} = 0.3$$

$$AZIM = 0^\circ, \quad TILT = 90^\circ, \quad ASO = 1$$

부착온실방식(거실)의 경우

$$OVER = 0, \quad SEPA = 0, \quad RG = 0.3$$

$$AZIM = 0^\circ, \quad TILT = 90^\circ, \quad ASO = 0.8$$

대안IV의 남측 집열부를 통한 열손실량은 표16과 같다.

표 16.

대안IV의 집열부 열손실

구분	면적 (m^2)	열관류율 ($W/m^2\text{ }^\circ\text{C}$)	$U \times A (W/\text{ }^\circ\text{C})$
집열창 TW	1043.28	2.093	2183.59
동·서벽	23.40	0.452	10.58
천장	10.08	0.450	4.54
바닥	10.08	0.172	1.73
극간풍	0.1667×393.12		
합계			
			2265.97

여기서 집열부 순면적 $A_p = 1607.28 m^2$ 이고

$$TLC = 24 \times (7617.52 + 2265.97) = 237204 \text{ Wh}/\text{ }^\circ\text{C day}$$

$$LCR = 182820/1607.28 = 114 \text{ Wh}/m^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C day}$$

$$LCRs = 24 \times 2265.97/1607.28 = 33.8 \text{ Wh}/m^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C day}$$

$$T_{base} = 20 - 11712 \times 8 \times 15/237204 = 14.1 \text{ }^\circ\text{C}$$

트롬벽방식(침실)의 경우

$$OVER = 0.25, \quad SEPA = 0.125, \quad RG = 0.3$$

$$AZIM = 0^\circ, \quad TILT = 90^\circ, \quad ASO = 1$$

직접획득방식(거실)의 경우

$$OVER = 0.375, \quad SEPA = 0.125, \quad RG = 0.3$$

$$AZIM = 0^\circ, \quad TILT = 90^\circ, \quad ASO = 0.8$$

지금까지 살펴본 각 대안의 입력자료를 입력하여 연간 태양열 절감율을 계산하였다. 일사량 및 기상자료는 서울지방을 기준으로 했다.

부록2. 「연간 태양열 절감율 계산 프로그램」에 절감율 계산 입력의 예와 출력의 예 그리고 절감율 계산의 예를 제시하였다.

태양열 절감율을 계산한 결과 표17과 같이 부착온실을 적용한 대안 I은 다른 것과는 달리 비교적 낮은 값을 나타내고 있어, 부착온실방식을 적용할 때 보다 축열체의 양이 작고 집열면적도 작은 보통 아파트의 발코니 전면 유리창은 대안 I 보다 낮은 값을 나타낸 것이다.

대안 II와 대안 III은 중간 정도의 비슷한 값을 나타냈고 대안 IV는 가장 높은 연간 태양열 절감율을 보이고 있다.

표 17. 각 대안의 연간 태양열 절감율

대안	I	II	III	IV
SSF (%)	31.2	42.1	41.0	45.7

그림 18은 대안 IV의 월별 태양열 절감량을 나타냈다. 그래프의 윗부분은 보조 난방량 아래부분은 태양열 절감량을 나타낸다.

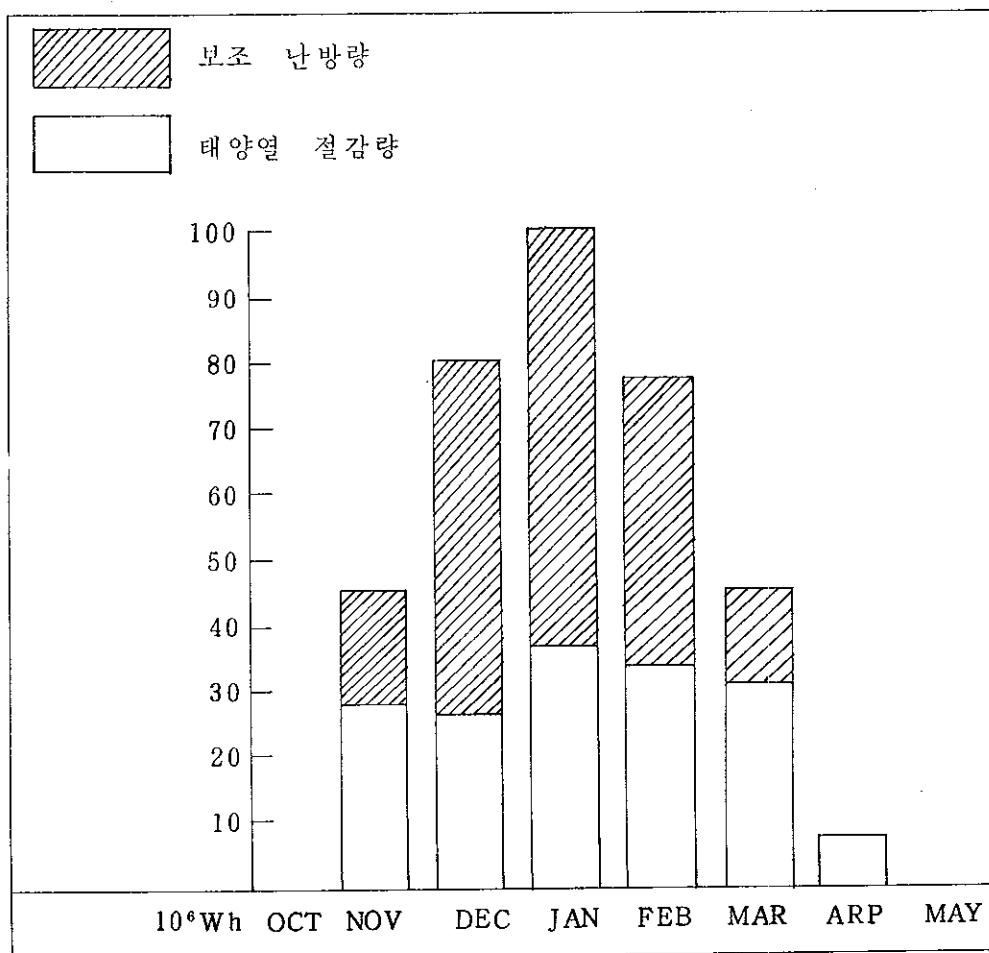


그림 18. 대안IV의 월별 태양열 절감량

대안IV는 발코니 역할을 하는 차양이 남쪽벽 중심선에서 900mm 돌출했을 경우이다. 표 18은 대안IV의 차양 돌출길이 변화에 따른 연간 태양열 절감율이다.

표 18. 차양의 돌출길이 변화에 따른 SSF

차양돌출길이	300mm	600mm	900mm	1200mm
SSF (%)	48.1	47.5	45.7	43.0

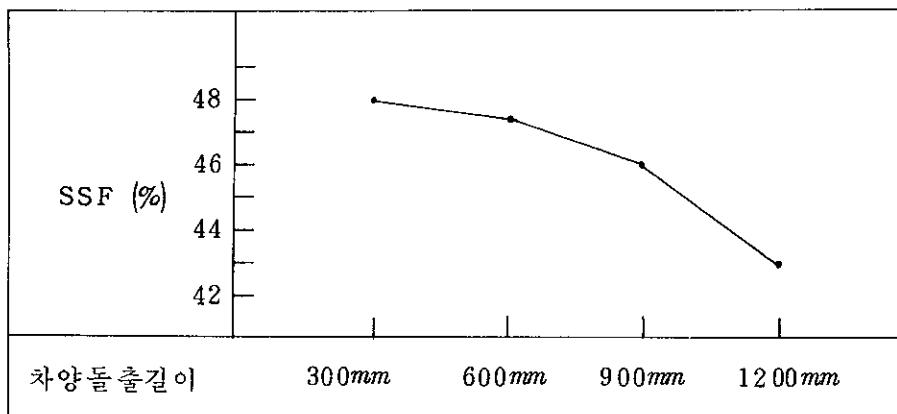


그림 19. 차양 돌출길이 변화에 따른 SSF

차양 길이가 작아질 수록 태양열 결감율은 높아지나 11월과 3, 4월에 과열현상이 일어나기 쉽고 여름철 냉방을 고려해야만 한다. 대안Ⅳ의 차양 돌출길이가 1200mm로 늘어나도 다른 대안들 보다 열 성능이 뛰어났고 특히 같은 돌출길이를 갖고 있는 대안Ⅰ보다 유리함을 알 수 있다.

대안Ⅳ는 설계기준온도를 20 °C로 하여 계산했는데 설계기준온도의 변화에 따른 열성능 분석을 표 19와 그림 20에서 나타냈다.

표 19. 설계기준온도 변화에 따른 SSF

설계기준온도	18 °C	19 °C	20 °C	21 °C	22 °C
SSF (%)	51.5	48.3	45.7	43.5	41.5

설계기준온도를 20 °C에서 18 °C로 하면 연간 난방에너지의 5.8 %를 절약할 수 있다.

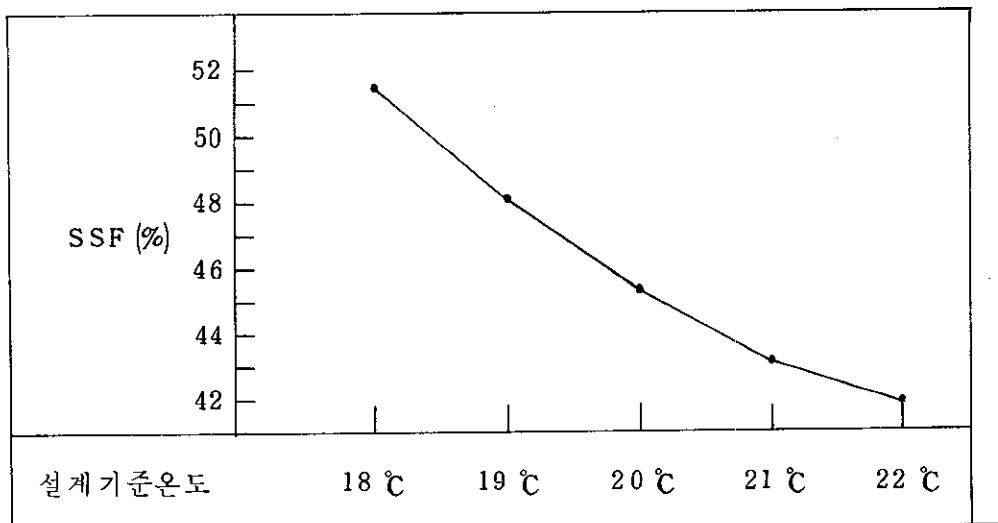


그림 20. 설계기준온도 변화에 따른 SSF

위에서 지금까지 살펴본 연구에 의해 부착온실방식을 적용한 대안 I은 가장 낮은 태양열 절감율을 보이고 있으며 기준 아파트 전면에 유리창을 설치하고 전면 유리창을 통한 극간풍을 고려했을 경우 대안 I이 나타내고 있는 태양열 절감율보다 낮은 값을 나타낼 것이다. 왜냐하면 대안 I은 기존 아파트보다 축열체를 더 많이 설치했고 집열창 면적이 넓기 때문이다. 또한 대안 II와 대안 III은 중간 정도의 태양열 절감율을 보였다.

결국 대안 IV가 태양열 절감율이 가장 높아 열성능이 우수하다. 차양 돌출길이를 1200mm로 했을 경우에도 다른 대안보다는 열성능이 좋으나, 본 연구에서는 적정 차양 길이 기준에 따라 설계한 대안 IV의 돌출길이 (900mm)를 그대로 이용하여 건축계획안을 제시했다.

본 연구는 평범한 기존의 아파트를 기준 아파트로 하여 자연형 태

양열 시스템을 적용한 자연형 태양열 아파트의 대안을 네 가지 제시 했고, 열성능 분석을 통해 이 네 가지 대안 중에 대안IV가 가장 열성 능이 우수함을 알았다.

표 20은 본 연구에서 다른 두 아파트의 연간 난방부하를 비교한 것으로 기준 아파트에 비해 자연형 태양열 아파트는 연간 약 46%인 $9.8 \text{Mcal} / m^2 \text{year}$ 의 난방에너지률 절약할 수 있다.

표 20. 각 아파트의 연간 난방부하 비교

분류	연간 난방부하 ($\text{Mcal} / m^2 \text{year}$)	비율
기준 아파트	21.3	1.00
자연형 태양열 아파트	11.5	0.54
에너지 절감량	9.8	0.46

연간 태양열 절감량이 가장 높아 열성능이 우수한 대안IV의 기본 평면을 가지고 건축계획안을 설계하여 본 연구의 결과로 제시했다.

제 5 장 결 론

본 연구는 고층의 기준 아파트에 자연형 태양열 시스템을 적용하는 설계 방법을 모색하여 자연형 태양열 아파트 건축계획안을 제시하고, 연간 태양열 절감율 계산에 의한 열성능 분석을 통해 에너지 절감율을 알아보는 연구이다.

지금까지의 연구를 통해 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 자연형 태양열 아파트의 네 가지 계획 대안이 제시되었고 연간 태양열 절감율 계산에 의한 열성능 분석을 통해 각 대안을 비교한 결과 침실에 트롬벽 방식을 적용하고 거실에 적접회득방식을 적용한 대안Ⅳ가 에너지 절감 효율이 가장 뛰어났다. 열성이 우수한 대안Ⅳ를 가지고 본 연구의 결과로 자연형 태양열 아파트 건축계획안을 다음과 같이 제시했다.
2. 미국 LASL에서 1983년에 제안했고, 한국 동력자원 연구소에서 이미 개발한 'SLR Method'에 의한 연간 태양열 절감율 계산 컴퓨터 프로그램'을 바탕으로 일사량 계산시 나타나는 몇 가지 단점을 보완하고, 사용하기 편리한 APPLE-BASIC 언어로 컴퓨터 프로그램을 개발하여 본 연구의 결과로 부록2에 제시했다.
3. 본 연구에서 선택한 기준 아파트에 비교하여 자연형 태양열 아파트는 연간 약 46%인 $9.8 \text{ Mcal} / m^2 \cdot \text{year}$ 의 난방에너지를 절

약할 수 있다. 즉 기준 아파트가 연간 $21.3 \text{Mcal} / m^2 \cdot \text{year}$ 의 난방에너지를 소비하는데 비하여 자연형 태양열 아파트는 연간 $11.5 \text{Mcal} / m^2 \cdot \text{year}$ 의 난방에너지를 사용해 자연형 태양열 아파트의 연간 태양열 절감율은 46 %이다.

위와 같이 기존 아파트에 자연형 태양열 시스템을 적용하는 설계 방법을 모색하여 자연형 태양열 아파트를 설계할 때 많은 양의 에너지를 절약할 수 있다.

자연형 태양열 아파트 건축 계획안

단위 세대 평면도

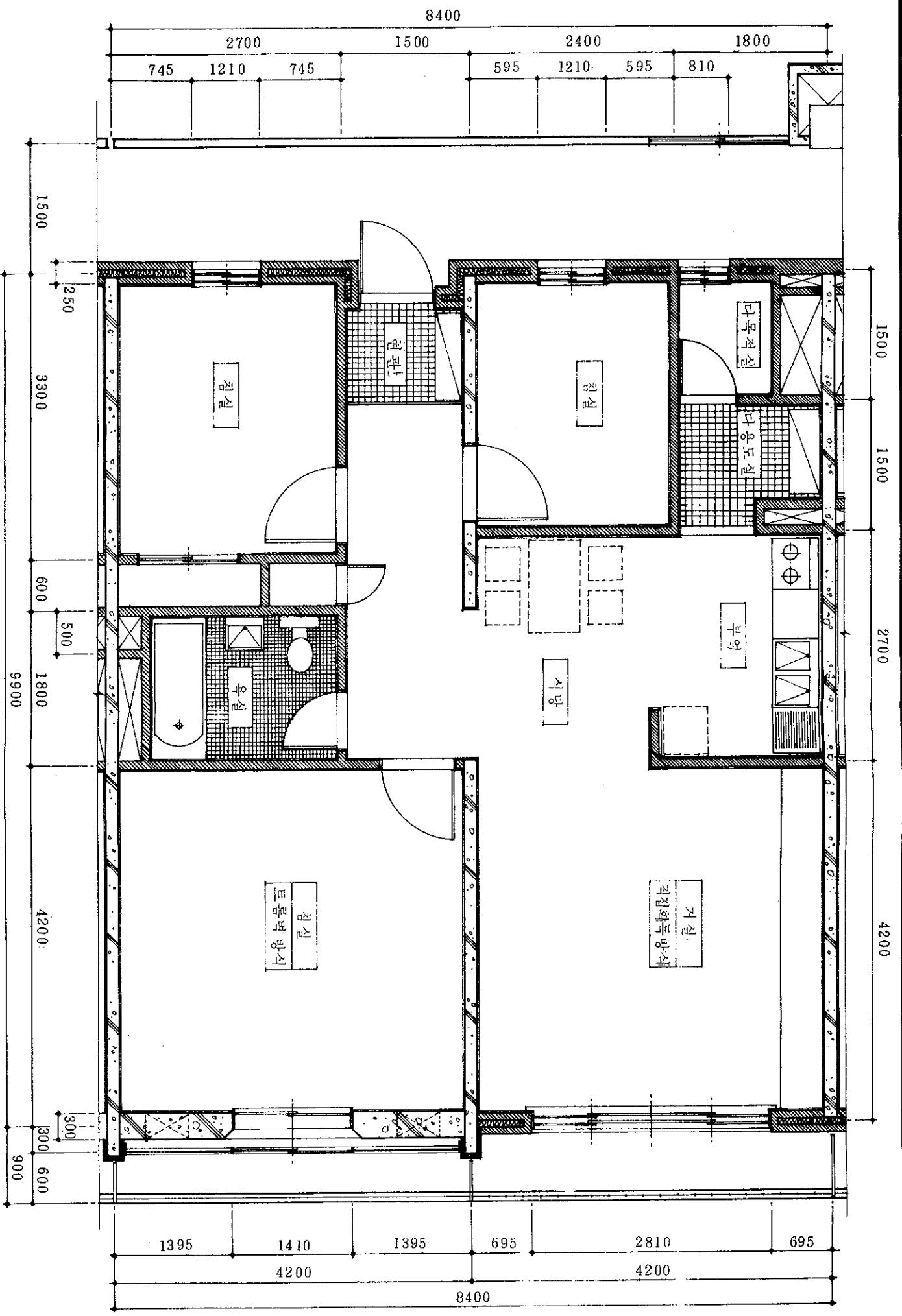
측정 : 1/50

도면번호 : 1

0066
0000
1000

0066

1000
0.000

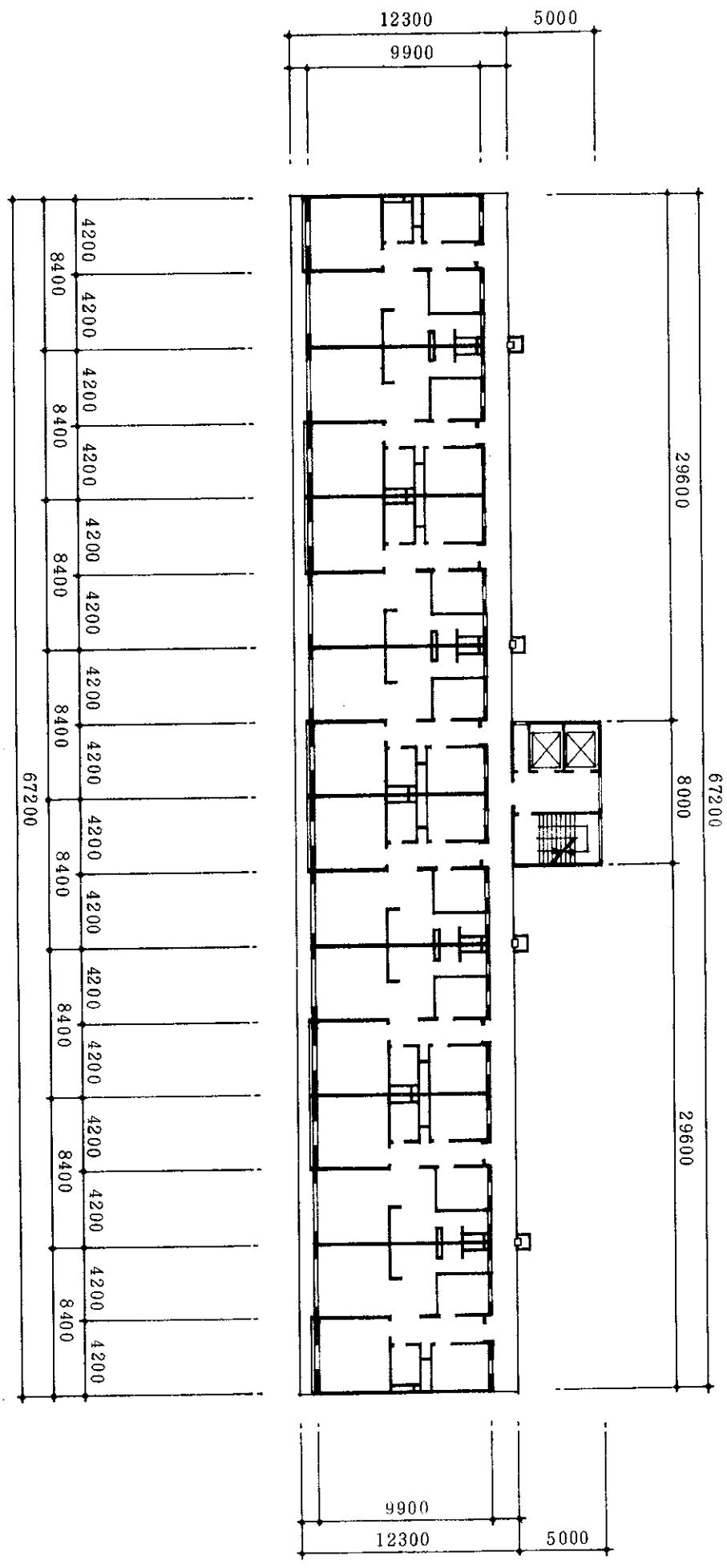


자연형 태양열 아파트 건축 계획안

주동 평면도

축척 : 1/300

도면번호 : 2

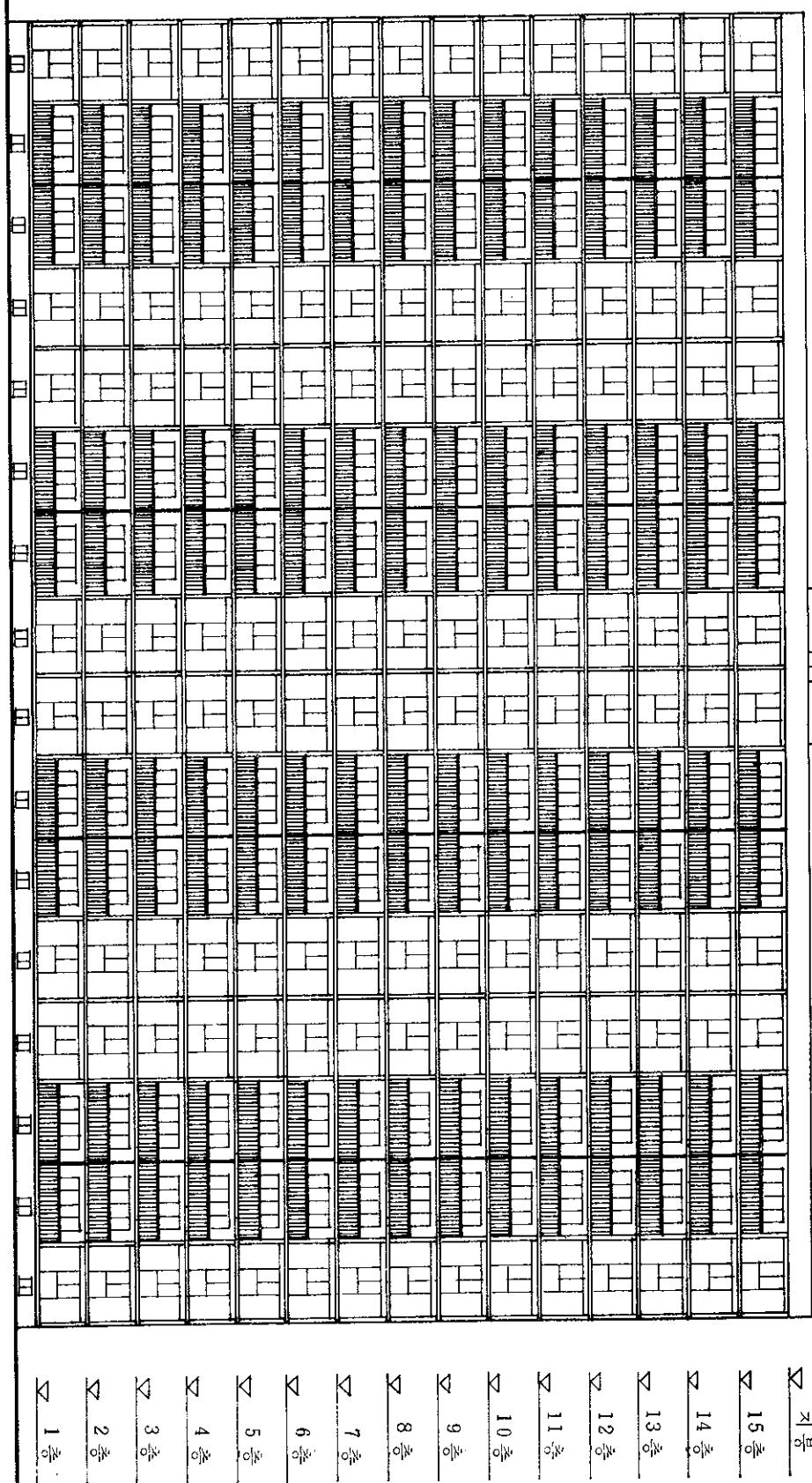


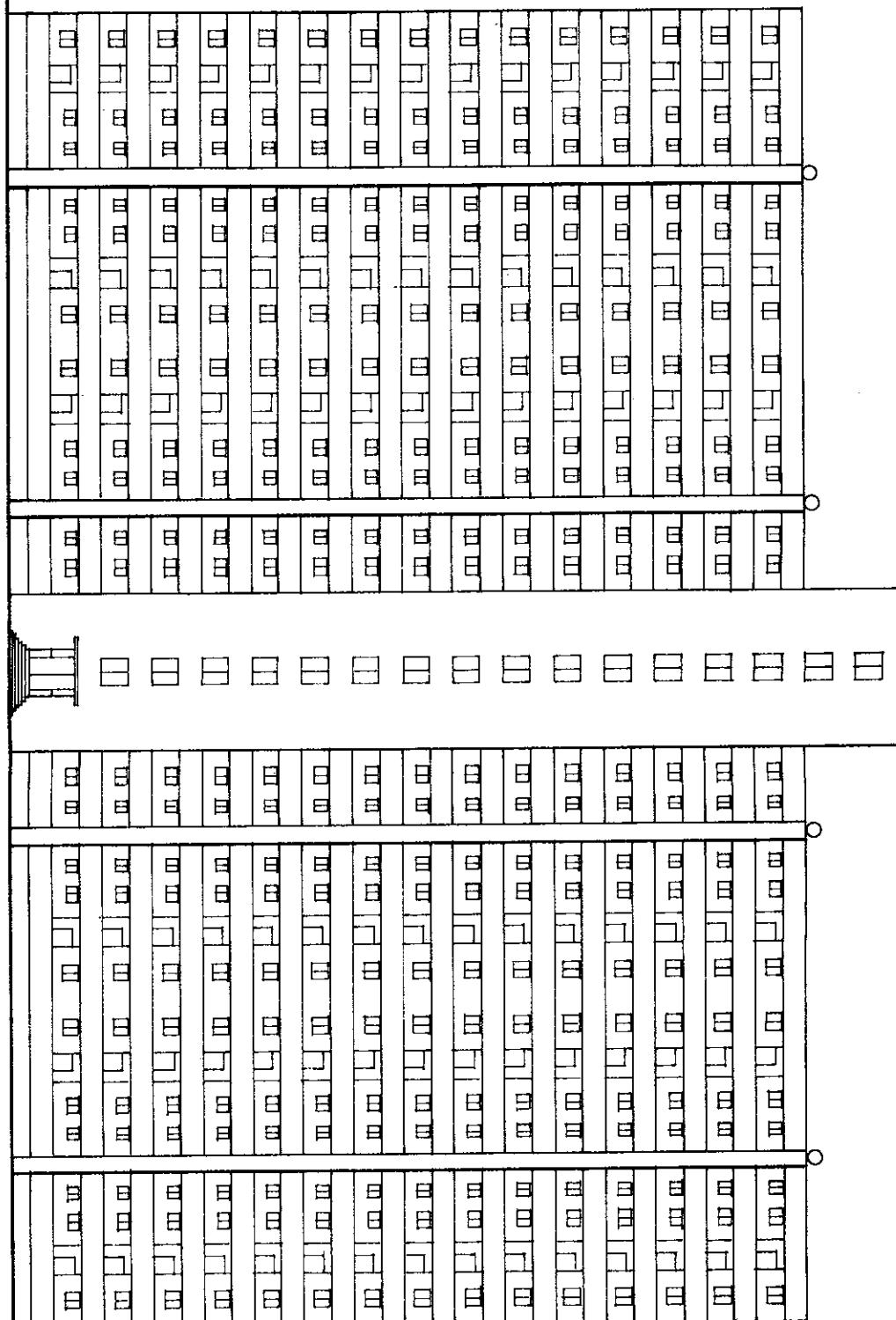
자연형 태양열 아파트 건축 계획안

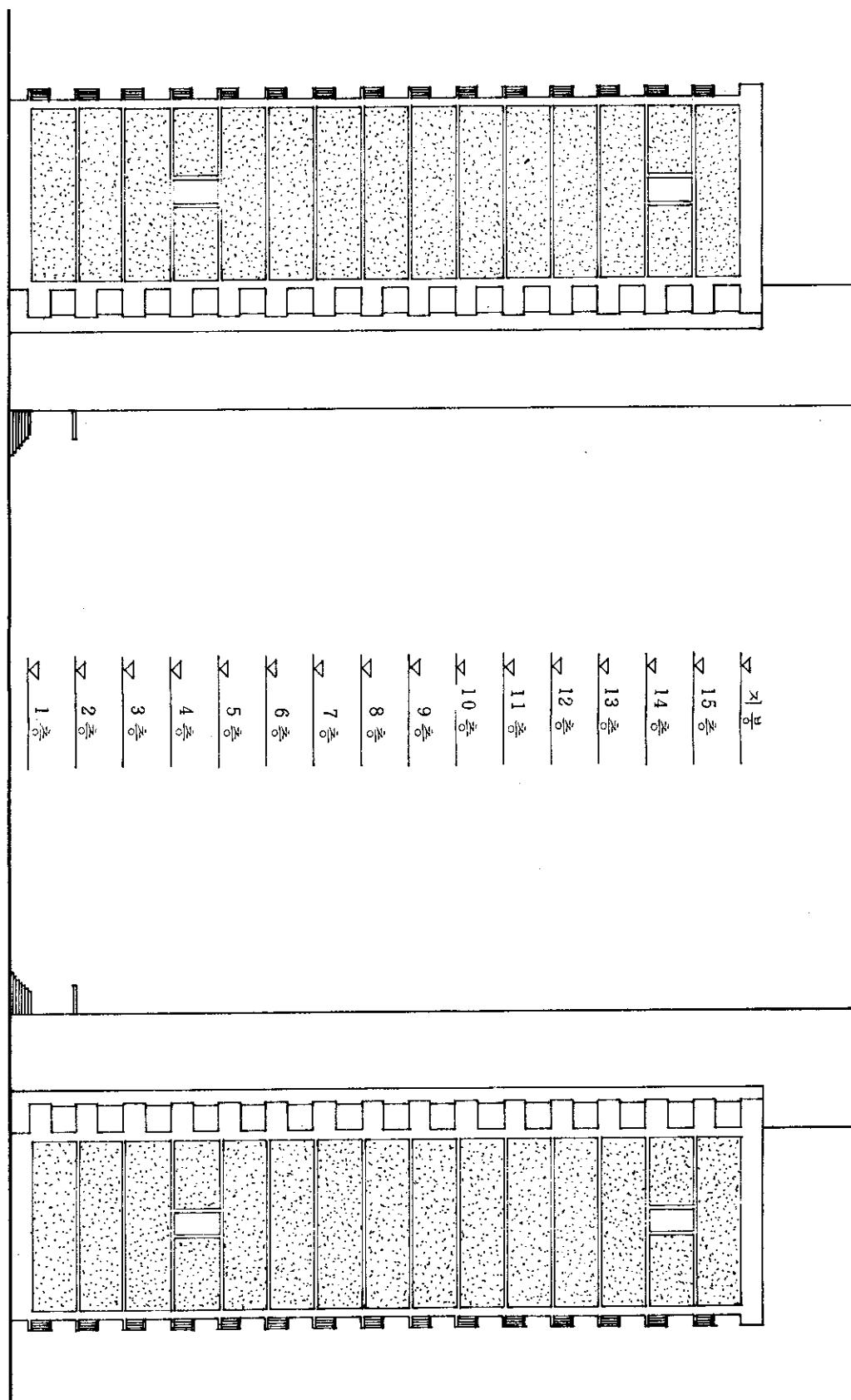
주동 남측면도

축척 : 1 / 300

도면번호 : 3





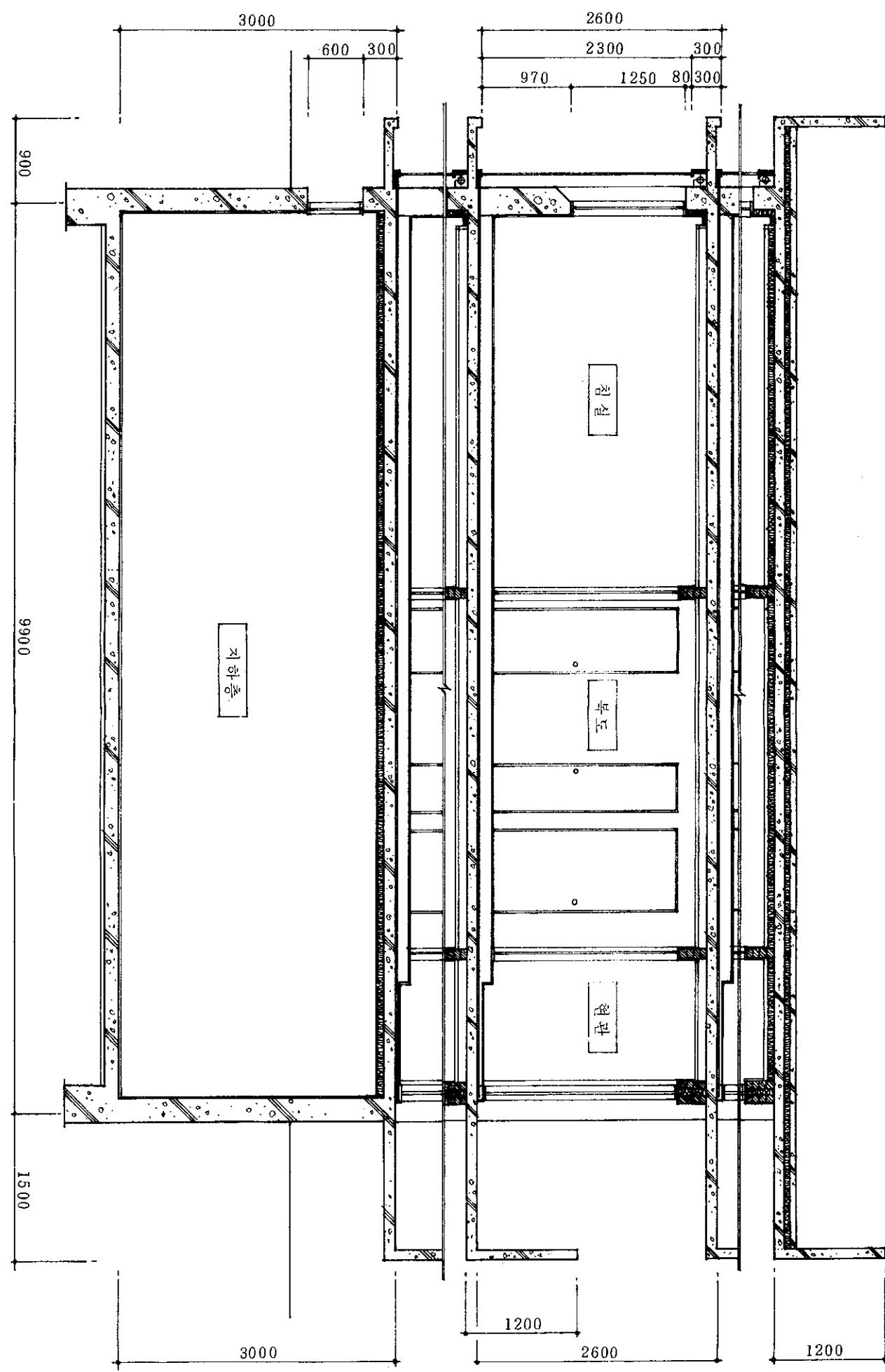


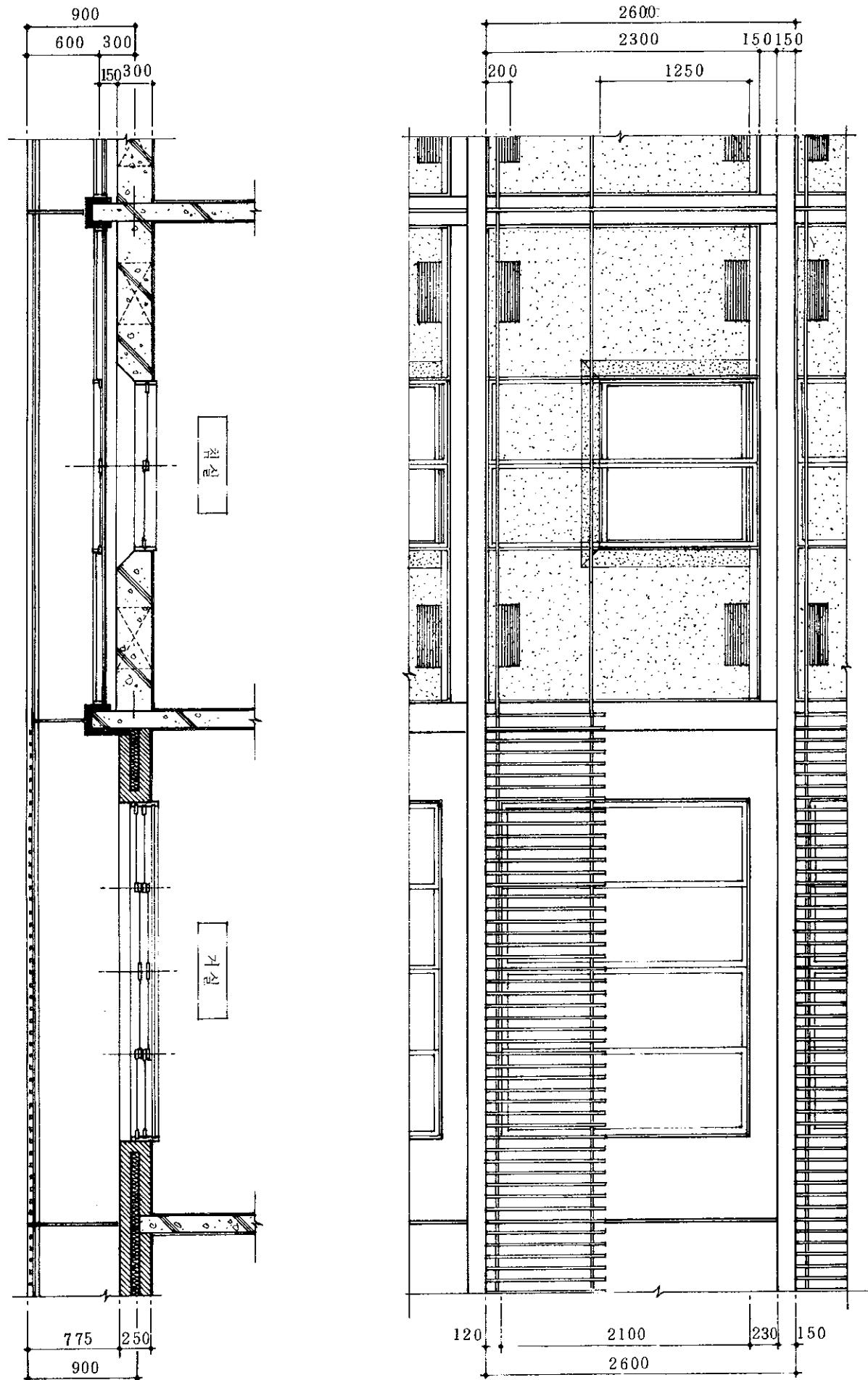
자연형 태양열 아파트 건축 계획안

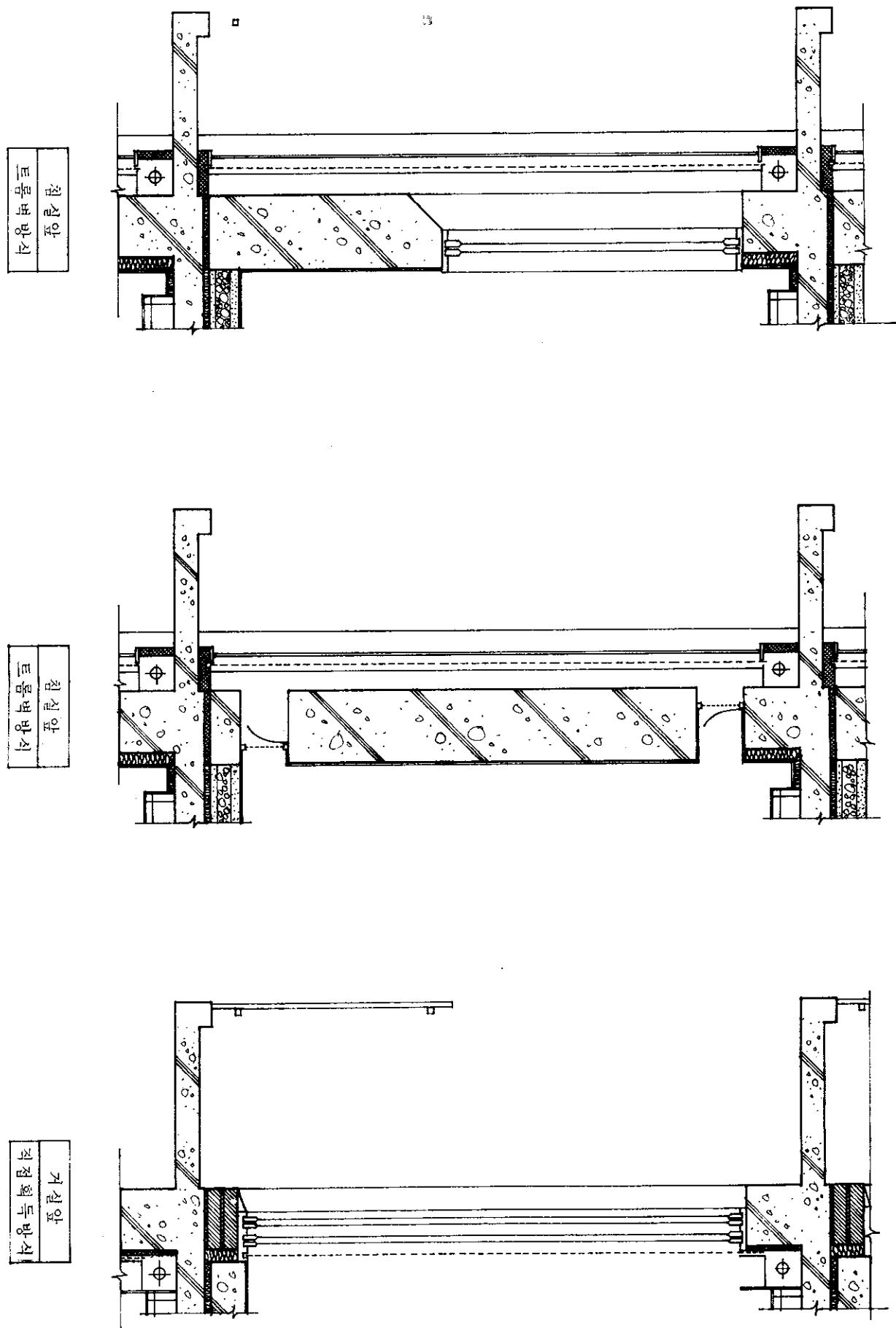
주동 라면도

축척 : 1/50

도면번호 : 6







참 고 문 헌

1. 공동주택의 에너지절약을 위한 설계기준 연구, 연구보고서, 건설부·대한주택공사, 1985.
2. 공조·위생 설비실무 핸드북, 도서출판 형제사, 1982.
3. 파천 태양열주택 건설 종합보고서, 대한주택공사, 1981.
4. 비난방 공간의 열적 완충성에 관한 연구, 김남규, 중앙대 대학원 석사학위논문, 1985.
5. 에너지 절약형 자연형 태양열 아파트, 오정무외, '86 춘계 태양에너지 학술발표회 초록집, 1986.
6. 에너지 절약형 주택의 설계 및 시공, 연구보고서, 건설부, 1985.
7. 자연형 태양열 시스템 개발, 연구보고서, 한국 동력자원 연구소, 1981.
8. 자연형 태양열 시스템 개발, 연구보고서, 한국 동력자원 연구소, 1982.
9. 자연형 시스템 개발 및 대체에너지 정책 비교 분석, 연구보고서, 한국 동력자원 연구소, 1983.
10. 자연형 태양열 시스템 개발(IV), 연구보고서, 한국 동력자원 연구소, 1984.
11. 자연형 태양열 주택의 기본개념과 전망, 이명호, 월간현대주택, 1986.3.
12. 태양열 시스템 설계－자연형 건축설계－, 이명호, 중앙대 건설대

학원, 1984.

13. '84주택의 기본계획 및 설계, 대한주택공사, 1984.
14. 한국인의 주거의식, 월간현대주택, 1985.10 ~ 12.
15. ASHRAE Handbook 1985 Fundamentals, ASHRAE, 1985.
16. A Survey of Passive Solar Homes, AIA Research Corporation, 1980.
17. Design with Climate, bioclimatic approach to architectural regionalism, Victor Olgyay, Princeton University Press, 1963.
18. Natural Solar Architecture a passive primer, David Wright, Van Nostrand Reinhold Company, 1978.
19. Passive Solar Architecture in Europe, Ralph M. Lebens, London Halsted Press Division, 1981.
20. Passive Solar Architecture logic & beauty, David Wright and Dennis A. Andrejko, Van Nostrand Reinhold Company, 1982.
21. Passive Solar Design Handbook, Vol.I, Design Concepts, DOE, 1980.
22. Passive Solar Design Handbook, Vol.II, Design Analysis, DOE, 1980.
23. Passive Solar Design Handbook, Vol.III, Design Analysis and Supplement, American Solar Energy Society, Inc. 1983.
24. The Passive Solar Energy Book, Edward Mazria, Rodale Press Emmaus, Pa., 1979.

1. 부하게 산용 입력 자료

** ASEAN PROGRAM **
**
** SUMMARY OF LOADS INPUT **

** BUILDING INFORMATION **

BUILDING NAME: ORDINARY-APT
BUILDING LOCATION: SEOUL
PROJECT NUMBER: PASSIVE-APT
RUN NUMBER: 001
RUN DATE: 7/30/86

||| ZONE DATA |||

NUMBER OF ZONES ON THIS SYSTEM: 1
GROSS TOTAL BUILDING AREA: 106834.550.FT.

||| % SUNSHINE / HOURS |||

SUMMER PEAK: 33%
SUMMER INTERMEDIATE: 55%
WINTER PEAK: 50%
WINTER INTERMEDIATE: 49%

NUMBER OF SUMMER OPERATING HOURS: 24
NUMBER OF WINTER OPERATING HOURS: 24

NUMBER OF OCCUPIED HOURS PER DAY
FOR HOUR ENDING TIME PERIOD

MON THRU FRI
01:00 TO 08:00= 8
09:00 TO 16:00= 8
17:00 TO 24:00= 8
SAT
01:00 TO 08:00= 8
09:00 TO 16:00= 8
17:00 TO 24:00= 8
SUN,HOL
01:00 TO 08:00= 8
09:00 TO 16:00= 8
17:00 TO 24:00= 8

111 DESIGN TEMPERATURES (DEG. F.E 111

PEAK SUMMER: 97

PEAK WINTER: 2

INTERMEDIATE SUMMER: 77

INTERMEDIATE WINTER: 52

SUMMER THERMOSTAT SETPOINT: 78

WINTER OCCUPIED THERMOSTAT SETPOINT: 68

WINTER UNOCCUPIED THERMOSTAT SETPOINT: 68

111 LIGHTING 111

LIGHTING WATTS/SQFT FOR OCCUPIED PERIODS: .8

LIGHTING WATTS/SQFT FOR UNOCCUPIED PERIODS: .8

111 LIGHT FIXTURE TYPE 111

1) -- SUSPENDED FLUOR.

111 EQUIPMENT / PEOPLE 111

EQUIPMENT WATTS/SQFT FOR ALL PERIODS:

OCCUPIED: .4

UNOCCUPIED: .2

SENSIBLE HEAT GAIN/PERSON: 230BTUH

LATENT HEAT GAIN/PERSON: 190BTUH

111 DIVERSIFICATION 111

AVERAGE DIVERSITY DURING OCCUPIED PERIODS

LIGHTS: .4

EQUIPMENT: .3

PEOPLE: .4

AVERAGE FOR UNOCCUPIED PERIODS: .2

111 ZONE AREA - SQ.FT. 111

ZONE # 1 AREA 99756.4

11 GLASS EXPOSURES WITH SOLAR GAIN 111 ZONE # 1 11 NUMBER OF EXPOSURES: 2

111 EXPOSURE #: 1 SOUTH-GLASS 111

SOLAR HEAT GAIN FACTOR:

SUMMER: 36

WINTER: 151

GLASS AREA (SQ.FT.): 10966.4

GLASS SHADE COEFF.: .75

24 HR. TCF: 6.4

111 EXPOSURE #: 2 NORTH-GLASS 111

SOLAR HEAT GAIN FACTOR:

SUMMER: 36

WINTER: 22

GLASS AREA (SQ.FT.): 3913.8

GLASS SHADE COEFF.: .75

24 HR. TCF: 11.6

111 TRANSMISSION SURFACES 111

* ZONE # 1 11 NUMBER OF DIFFERENT TRANSMISSION ON SURFACES: 9

11 SURFACE #: 1 SOUTH-WALL 111

NET AREA (SQ.FT.): 17243.9

'U' VALUE: .101

THE CLTDF: -1

COLOR CORRECTION FACTOR: .8

11 SURFACE #: 2 NORTH-WALL 111

NET AREA (SQ.FT.): 21829.4

'U' VALUE: .101

THE CLTDF: -5

COLOR CORRECTION FACTOR: .8

11 SURFACE #: 3 EAST-WALL 111

NET AREA (SQ.FT.): 4156

'U' VALUE: .08

THE CLTDF: 4

COLOR CORRECTION FACTOR: .8

|| SURFACE #: 4 WEST-WALL ||
NET AREA (SQ.FT.): 4156
'U' VALUE: .08
THE CLTDF: 9
COLOR CORRECTION FACTOR: .8

|| SURFACE #: 5 ROOF ||
NET AREA (SQ.FT.): 7122.3
'U' VALUE: .079
THE CLTDF: 11
COLOR CORRECTION FACTOR: .8

|| SURFACE #: 6 BASEMENT ||
NET AREA (SQ.FT.): 7122.3
'U' VALUE: .03
THE CLTDF: 0
COLOR CORRECTION FACTOR: 1

|| SURFACE #: 7 GLASS-1 ||
NET AREA (SQ.FT.): 3775.6
'U' VALUE: .569
THE CLTDF: -11
COLOR CORRECTION FACTOR: 1

|| SURFACE #: 8 GLASS-2 ||
NET AREA (SQ.FT.): 11104.6
'U' VALUE: .614
THE CLTDF: -11
COLOR CORRECTION FACTOR: 1

|| SURFACE #: 9 DOOR ||
NET AREA (SQ.FT.): 2467.1
'U' VALUE: .43
THE CLTDF: -5
COLOR CORRECTION FACTOR: 1

111 OCCUPANCY 111

NUMBER OF PEOPLE IN ZONE
DURING OCCUPIED AND UNOCCUPIED PERIODS:

ZONE # 1 OCCUPIED: 480
UNOCCUPIED: 480

111 HUMIDITY RATIOS 111

AVERAGE DESIGN HUMIDITY RATIO (LB(H2O)/LB(AIR)): .011
MINIMUM HUMIDITY RATIO (LB(H2O)/LB(AIR)): 5E-03

2. 시스템 입력 자료

```
=====
** A.S.E.A.M. **
** SUMMARY OF SYSTEM INPUTS **
=====
=SYSTEM TYPE= PACKAGE TERMINAL A/C
** SYSTEM PARAMETERS **
    MIN SUPPLY AIR TEMP (F)=60
        OUTSIDE AIR (%)=20
        =ECONOMIZER=N
        S/A RESET BY DISCRIM =N
        HUMIDIFICATION =N
        SYSTEM AIR PRESIZED =N
        SYSTEM SUPPLY AIR (CFM)=0
        PREHEAT =N
=HEATING TYPE= DIST STEAM OR HW
    HOT WATER PUMP (KW)=0
=====
=Cooling TYPE= DIRECT EXPANSION
    LO TEMP COOL START (F)=78
    HI TEMP HEAT START (F)=68
    CHILLED WATER PUMP (KW)=0
    TOWER FAN & PUMP (KW)=0
=====
```

3. 최대 부하, 다변 부하 및 BIN 부하의 계산

```
=====
***      A.S.E.A.M.      ***
***      LOAD-CALC      ***
***      BUILDING NAME : ORDINARY-APT ***
***      PROJECT NAME  : PASSIVE-APT ***
***      RUN NUMBER   : 001    ***
***      DATE : 7/30/86    ***
=====
```

ZONE NAME : ORD4-IN NUMBER : 1

SOLAR LOAD (GLASS)	(BTU/DAY)
--------------------	-----------

CLEAR DAY:

SUMMER	3120796.08
WINTER	8697548.04

DIVERSIFIED SOLAR LOAD	(BTU/HR)
------------------------	----------

PEAK

SUMMER	42895.252
WINTER	181556.648

INTERMEDIATE

SUMMER	71824.608
WINTER	177566.392

INTERNAL LOADS :

	OCCUPIED (BTU/HR)	UNOCCUPIED (BTU/HR)
PEOPLE (SENSIBLE)	44160	22080
PEOPLE (LATENT)	36480	18240
EQUIPMENT	40856.23	13618.74
LIGHTS	108949.95	54474.97

TOTAL (SENSIBLE)	193966.18	90173.71
------------------	-----------	----------

TRANSMISSION LOADS :

	OCCUPIED (BTU/HR)	UNOCCUPIED (BTU/HR)
--	----------------------	------------------------

PEAK

SUMMER	167590.752	
WINTER	-1016517.72	-1016517.72

INTERMEDIATE

SUMMER	-119707.68	
WINTER	-244403.18	-244403.18

*** TOTAL ZONE 1 SENSIBLE LOADS ***

	TEMP (F)	OCCUPIED (BTU/HR)	UNOCCUPIED (BTU/HR)
PEAK			
SUMMER	97	404013.42	
WINTER	2	-641433.652	-745180.308
INTERMEDIATE			
SUMMER	77	145644.344	
WINTER	52	126690.628	22943.972

*** TOTAL ZONE SENSIBLE LOADS ***

ZONE NAME : ORD4-IN ZONE NUMBER : 1

BIN (F)	OCCUPIED LOAD (BTU/HR)	UNOCCUPIED LOAD (BTU/HR)
------------	------------------------------	--------------------------------

97	404013	0
92	339421	0
87	274828	0
82	210236	0
77	145644	0
72	141853	0
67	138062	0
62	134272	0
57	130481	0
52	126690	22943
47	49878	-53869
42	-26935	-130681
37	-103747	-207494
32	-180560	-284306
27	-257372	-361119
22	-334184	-437931
17	-410997	-514744
12	-487809	-591556
7	-564622	-668368
2	-641434	-745181

=====
 *** A.S.E.A.M. ***
 *** SYSTEM ENERGY REPORT ***

BUILDING NAME= ORDINARY-APT
 PROJECT NAME = PASSIVE-APT
 RUN NO. = 001
 DATE = 7/30/86
 ZONE FILE = ORDA-LOA
 SYSTEM TYPE = PACKAGE TERMINAL A/C
 SYSTEM FILE = APT-FC
 WEATHER CITY = SEOUL-W

=====
 OCCUPIED PERIOD

BIN	FREQ	COOL (F)	COOL (KBTU)	COOLING TYPE= DX		HEATING TYPE= DSH		FANS	
				PRIMARY	AUX	PRIMARY	AUX	SUPPLY FAN	RETURN FAN
97	5	3259	0	0	0	5	0	20783	0
92	62	27957	0	0	0	62	0	20783	0
87	130	32364	0	0	0	130	0	20783	0
82	482	90335	0	0	0	482	0	20783	0
77	901	0	0	0	0	901	0	20783	0
72	635	0	0	0	0	635	0	20783	0
67	913	0	0	0	0	913	0	20783	0
62	735	0	0	0	0	735	0	20783	0
57	703	0	0	0	0	703	0	20783	0
52	679	0	0	0	0	679	0	20783	0
47	641	0	0	0	0	641	0	20783	0
42	462	0	0	-14124	0	462	0	20783	0
37	738	0	0	-95366	0	738	0	20783	0
32	630	0	0	-154261	0	630	0	20783	0
27	344	0	0	-129853	0	344	0	20783	0
22	372	0	0	-196075	0	372	0	20783	0
17	217	0	0	-150527	0	217	0	20783	0
12	79	0	0	-69302	0	79	0	20783	0
7	28	0	0	-30178	0	28	0	20783	0
TOTAL		8736	153915	0	-839686	0	9756	0	
					0	0	0	0	

부록 2. 연간 태양열 질감율 계산 프로그램

1. 컴퓨터 프로그램

프로그램 문장 번호 2700부터 3290까지는 우리나라 15개 지역의 기상자료이고 3300부터 4310까지는 각 자연형 시스템의 Solar Load Ratio 상수이다. 4320부터 4870까지는 일사량 취득에 영향을 주는 요소들의 입력 자료이다.

```
10 PRINT "*****"
20 PRINT "**      SLR(SOLAR LOAD RATIO) METHOD      **"
30 PRINT "**      PROGRAM FOR SSG CALCULATION        **"
40 PRINT "*****"
50 DIM ND(12),DD(12),B(6),C(7),A(4),T(3)
60 DIM MTH$(12),S(12),SSG(12),NRL(12),SOL(12),AH(12)
70 DIM SH(15,12),TA(15,12),SD(15,12),LOC$(15),L(15)
80 DIM COEF(94,11),ABT(6),CTH(3,6),CAH(7,6),CVH(16,7),NGL(94)
90 DIM AV(5,4),TV(12,3)
100 REM ND= DAYS OF A MONTH DD=DEGREE DAYS
110 REM NRL=NET REF. LOAD SOL=SOLAR SAVINGS AH=AUX. HEAT
120 REM SH=HORIZONTAL INSOLATION TA=AMBIENT TEMP. SD=SHADING
130 REM COEF(I,J)=I:SYSTEM TYPE,J:INDEX FOR A,B,C ETC. ABT=ABSORBED/TR
    ANSMITTED
140 REM CTH=TRANSMITTED/HORIZONTAL CAH=ABSORBED/HORIZONTAL
150 REM CVH=OVERHANG COEFF. NGL=NUMBER OF GLAZING
160 REM AV=EFF. OF AZIMUTH TV=EFF. OF TILT
170 PRINT
180 GOSUB 2450
190 PRINT
200 INPUT "ST$,ST,TBASE?           ";ST$,ST,TBASE
210 INPUT "NHLC,LCR,SLCR?         ";NHLC,LCR,SLCR
220 INPUT "OVER,SEPA,RG?          ";OVER,SEPA,RG
230 INPUT "AZIM,TLIT,ASD?         ";AZIM,TLIT,ASD
240 PRINT
250 READ ND(1),ND(2),ND(3),ND(4),ND(5),ND(6),ND(7),ND(8),ND(9),ND(10),ND
    (11),ND(12)
260 READ MTH$(1),MTH$(2),MTH$(3),MTH$(4),MTH$(5),MTH$(6),MTH$(7),MTH$(8),
    ,MTH$(9),MTH$(10),MTH$(11),MTH$(12)
270 PRINT "*****"
280 GOSUB 2610
290 PRINT "-----"
300 INPUT "LOCATION NUMBER?";NL
```

```
310 PRINT "=====1===="
320 PRINT : PRINT : PRINT : PRINT
330 PRINT : PRINT : PRINT : PRINT
340 PRINT "=====2====": PRINT

350 FOR A = 1 TO 15
360 READ LOC$(A),L(A)
370 READ SH(A,1),SH(A,2),SH(A,3),SH(A,4),SH(A,5),SH(A,6),SH(A,7),SH(A,8),
,SH(A,9),SH(A,10),SH(A,11),SH(A,12)
380 READ TA(A,1),TA(A,2),TA(A,3),TA(A,4),TA(A,5),TA(A,6),TA(A,7),TA(A,8),
,TA(A,9),TA(A,10),TA(A,11),TA(A,12)
390 READ SD(A,1),SD(A,2),SD(A,3),SD(A,4),SD(A,5),SD(A,6),SD(A,7),SD(A,8),
,SD(A,9),SD(A,10),SD(A,11),SD(A,12)
400 NEXT A
410 FOR I = 1 TO 94
420 FOR J = 1 TO 11
430 READ COEF(I,J)
440 NEXT J
450 NEXT I
460 READ ABT(1),ABT(2),ABT(3),ABT(4),ABT(5),ABT(6)
470 FOR I = 1 TO 3
480 FOR J = 1 TO 6
490 READ CTH(I,J)
500 NEXT J
510 NEXT I
520 FOR I = 1 TO 7
530 FOR J = 1 TO 6
540 READ CAH(I,J)
550 NEXT J
560 NEXT I
570 FOR I = 1 TO 16
580 FOR J = 1 TO 7
590 READ CVH(I,J)
600 NEXT J
610 NEXT I
620 FOR I = 1 TO 94
630 READ NGL(I)
640 NEXT I
650 FOR I = 1 TO 5
660 FOR J = 1 TO 4
670 READ AV(I,J)
680 NEXT J
690 NEXT I
700 FOR I = 1 TO 12
710 FOR J = 1 TO 3
```

```

720 READ TV(I,J)
730 NEXT J
740 NEXT I
750 GOSUB 1710
760 GOSUB 1120
770 GOSUB 1420
780 GOSUB 1860
790 FOR M = 1 TO 12
800 GOSUB 870
810 GOSUB 1020
820 NEXT M
830 GOSUB 2120
840 PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : PRINT SPC( 20); "*** THE END ***"
     ==
850 PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : PRINT SPC( 20); "*** THE END ***"
860 END
870 DCL = 23.3 * COS ((30 * M - 187.1) / 57.2958)
880 Y = (L(NL) - DCL) / 100
890 II = 1346 + (1 - 0.0316 * SIN ((30 * M + 252) / 57.2958))
900 YY = 24 / 3.141592 * (COS (L(NL) / 57.2958) * COS (DCL / 57.2958) +
      SIN (SD(NL,M) / 57.2958) + SD(NL,M) * 3.141592 / 180 * SIN (L(NL) /
      57.2958) * SIN (DCL / 57.2958))
910 HS = SH(NL,M)
920 KT = HS / (II * YY)
930 T1H = B(1) + B(2) * Y + B(3) * Y * Y + KT * (B(4) + B(5) * Y + B(6) *
      Y * Y)
940 A1H = RABT * T1H
950 RF = 1 + (RG - 0.3) * (1.6778 - 3.7723 * Y + 2.5660 * Y * Y)
960 OH = C(1) + C(2) * Y + C(3) * Y * Y + C(4) * Y * Y * Y + C(5) * Y * Y
      * Y + C(6) * Y * Y * Y * Y + C(7) * Y * Y * Y * Y * Y
970 PH = A(1) + A(2) * Y + A(3) * Y * Y + A(4) * Y * Y * Y
980 DH = T(1) + T(2) * Y + T(3) * Y * Y
990 FF = PH * OH * OH * A1H * AGD * RF
1000 S(M) = ND(M) * HS * FF * 1.163
1010 RETURN
1020 K = 1 + G / LCR
1030 IF DD(M) = 0 THEN 1100
1040 X = (S(M) / DD(M) - SLCR * H) / (LCR * K)
1050 IF X > R THEN F = B - C * EXP (- D * X)
1060 IF X < = R THEN F = A * X
1070 IF F > 1 THEN F = 1
1080 SSF(M) = 1 - (1 - F) * K
1090 GOTO 1110
1100 SSF(M) = 1
1110 RETURN

```

```

1120 IF ST$ = "DG" THEN S1 = 0
1130 IF ST$ = "TW" THEN S1 = 9
1140 IF ST$ = "WW" THEN S1 = 51
1150 IF ST$ = "SS" THEN S1 = 66
1160 S2 = ST + S1
1170 GL = NGL(S2)
1180 IF ST$ = "SS" THEN 1280
1190 IF ST$ = "TW" OR ST$ = "WW" THEN 1230
1200 IF ST > 3 AND ST < 7 THEN RABT = ABT(1)
1210 IF ST < 4 OR ST > 6 THEN RABT = ABT(2)
1220 GOTO 1240
1230 RABT = ABT(GL + 2)
1240 FOR I = 1 TO 5
1250 B(I) = CTH(GL,I)
1260 NEXT I
1270 GOTO 1390
1280 RABT = 1
1290 IF ST = 1 OR ST = 2 OR ST = 5 OR ST = 6 THEN NI = 1
1300 IF ST = 3 OR ST = 4 OR ST = 7 OR ST = 8 THEN NI = 2
1310 IF ST = 9 OR ST = 10 OR ST = 13 OR ST = 14 THEN NI = 3
1320 IF ST = 11 OR ST = 12 OR ST = 15 OR ST = 16 THEN NI = 4
1330 IF ST > 16 AND ST < = 20 THEN NI = 5
1340 IF ST > 20 AND ST < = 24 THEN NI = 6
1350 IF ST > 24 AND ST < = 28 THEN NI = 7
1360 FOR I = 1 TO 6
1370 B(I) = CAH(NI,I)
1380 NEXT I
1390 IF ST$ = "TW" OR ST$ = "WW" THEN 1410
1400 ASO = ASO / 0.3
1410 RETURN
1420 FOR M = 1 TO 12
1430 DD(M) = (TBASE - TA(NL,M)) * ND(M)
1440 IF DD(M) < 0 THEN DD(M) = 0
1450 NEXT M
1460 A = COEF(S2,1)
1470 B = COEF(S2,2)
1480 C = COEF(S2,3)
1490 D = COEF(S2,4)
1500 E = COEF(S2,5)
1510 F = COEF(S2,7)
1520 G = COEF(S2,8)
1530 IF 0 < = SEPA AND SEPA < 0.063 THEN X1 = 0
1540 IF 0.063 < = SEPA AND SEPA < 0.188 THEN X1 = 4
1550 IF 0.188 < = SEPA AND SEPA < 0.375 THEN X1 = 8
1560 IF 0.375 < = SEPA AND SEPA < = 0.5 THEN X1 = 12

```

```

1570 IF 0 < = OVER AND OVER < 0.063 THEN 1660
1580 IF 0.063 < = OVER AND OVER < 0.188 THEN X2 = X1 + 1
1590 IF 0.188 < = OVER AND OVER < 0.313 THEN X2 = X1 + 2
1600 IF 0.313 < = OVER AND OVER < 0.438 THEN X2 = X1 + 3
1610 IF 0.438 < = OVER AND OVER < = 0.5 THEN X2 = X1 + 4
1620 FOR I = 1 TO 7
1630 C(I) = CVH(X2,I)
1640 NEXT I
1650 GOTO 1700
1660 C(1) = 1
1670 FOR I = 2 TO 7
1680 C(I) = 0
1690 NEXT I
1700 RETURN
1710 PRINT SPC(12); "THERMAL PERFORMANCE ANALYSIS": PRINT
1720 PRINT "LOCATION-----"; LOC$(NL)
1730 PRINT "LATITUDE-----"; L(NL); "<DEG>"
1740 PRINT "SYSTEM TYPE-----"; ST$; ST
1750 PRINT "BALANCE POINT TEMPERATURE-----"; TBASE; "<C>"
1760 PRINT "NET HEATING LOAD COEFF.-----"; NHLC; "<WH/C.DAY>"
1770 PRINT "LOAD COLLECTOR RATIO(LCR)-----"; LCR; "<WH/M*M.C.DAY>"
1780 PRINT "LCR FOR SOLAR APERTURE(SLCR)-----"; SLCR; "<WH/M*M.C.DAY>"

1790 PRINT "OVERHANG AND SEPARATION-----"; "X/H="; OVER; "Y/H="; SE
PA
1800 PRINT "GROUND REFLECTANCE-----"; RG
1810 PRINT "AZIMUTH-----"; AZIM; "<DEG E.OR W.>"
1820 PRINT "TILT-----"; TILT; "<DEG>"
1830 PRINT "SOLAR ABSORPTANCES-----"; ASO; PRINT
1840 PRINT
1850 RETURN
1860 IF 0 < = AZIM AND AZIM < 7.5 THEN 1960
1870 IF 7.5 < = AZIM AND AZIM < 22.5 THEN P1 = 1
1880 IF 22.5 < = AZIM AND AZIM < 37.5 THEN P1 = 2
1890 IF 37.5 < = AZIM AND AZIM < 52.5 THEN P1 = 3
1900 IF 52.5 < = AZIM AND AZIM < 75 THEN P1 = 4
1910 IF 75 < = AZIM AND AZIM < = 90 THEN P1 = 5
1920 FOR I = 1 TO 4
1930 A(I) = AV(P1,I)
1940 NEXT I
1950 GOTO 1970
1960 A(1) = 1; A(2) = 0; A(3) = 0; A(4) = 0
1970 IF TILT = > 82.5 AND 90 = > TILT THEN 1990
1980 GOTO 2010
1990 T(1) = 1; T(2) = 0; T(3) = 0

```

```

2000 GOTO 2110
2010 IF 0 < = AZIM AND AZIM < 15 THEN Q1 = 0
2020 IF 15 < = AZIM AND AZIM < 45 THEN Q1 = 3
2030 IF 45 < = AZIM AND AZIM < 75 THEN Q1 = 6
2040 IF 75 < = AZIM AND AZIM < = 90 THEN Q1 = 9
2050 IF TILT > = 45 AND 52.5 > TILT THEN Q2 = Q1 + 3
2060 IF TILT > = 52.5 AND 67.5 > TILT THEN Q2 = Q1 + 2
2070 IF TILT > = 67.5 AND 82.5 > TILT THEN Q2 = Q1 + 1
2080 FOR I = 1 TO 3
2090 T(I) = TV(02,I)
2100 NEXT I
2110 RETURN
2120 REM THIS ROUTINE CALCULATES THE YEARLY VALUE AND PRINTS OUTPUTS
2130 PRINT "MON. AMBIENT DD S NET REF. SOLAR AUX. SSF"
2140 PRINT " TEMP. LOAD SAVINGS HEAT"
2150 PRINT " <C> <C> DAY <KWH/M> <KWH> <KWH> <KWH> (%)"
2160 PRINT
2170 TDD = 0:TNRL = 0:TSOL = 0:TH = 0
2180 FOR M = 1 TO 12
2190 NRL(M) = DD(M) * NHLC / 1000
2200 AH(M) = NRL(M) * (1 - SSF(M))
2210 SOL(M) = NRL(M) - AH(M)
2220 SX = S(M) / 1000
2230 XSSF = SSF(M) * 100
2240 DD(M) = INT (DD(M) + 0.5)
2250 SX = INT (SX + 0.5)
2260 NRL(M) = INT (NRL(M) + 0.5)
2270 SOL(M) = INT (SOL(M) + 0.5)
2280 AH(M) = INT (AH(M) + 0.5)
2290 XSSF = INT (XSSF * 10 + 0.5) / 10
2300 T$ = STR$ (TA(NL,M)):D$ = STR$ (DD(M)):S$ = STR$ (SX):N$ = STR$
(NRL(M)):O$ = STR$ (SOL(M)):A$ = STR$ (AH(M)):X$ = STR$ (XSSF)
2310 T2 = LEN (T$):D3 = LEN (D$):S4 = LEN (S$):N5 = LEN (N$):O6 = LEN
(O$):A7 = LEN (A$):X8 = LEN (X$)
2320 PRINT MTH$(M); SPC( 8 - T2);TA(NL,M); SPC( 7 - D3);DD(M); SPC( 7 -
B4);SX; SPC( 9 - N5);NRL(M); SPC( 7 - O6);SOL(M); SPC( 7 - A7);AH(M);
SPC( 6 - X8);XSSF
2330 TDD = DD(M) + TDD
2340 TNRL = NRL(M) + TNRL
2350 TSOL = SOL(M) + TSOL
2360 TH = AH(M) + TH
2370 NEXT M
2380 E$ = STR$ (TDD):R$ = STR$ (TNRL):L$ = STR$ (TSOL):H$ = STR$ (TH)

```

```

2390 E3 = LEN (E$);R5 = LEN (R$);L6 = LEN (L$);H7 = LEN (H$)
2400 PRINT
2410 PRINT "TOTAL"; SPC( 13 - E3);TDD; SPC( 16 - R5);TNRL; SPC( 7 - L6);
    TSOL; SPC( 7 - H7);TH: PRINT
2420 TT = TSOL / TNRL * 100
2430 PRINT TAB( 38);"ANNUAL SSF = "; INT (TT * 10 + 0.5) / 10
2440 RETURN
2450 PRINT "ST#=SYSTEM TYPE :           DG=DIRECT GAIN"
2460 PRINT "                   TW=TROMBE WALL"
2470 PRINT "                   WW=WATER WALL"
2480 PRINT "                   SS=SUNSPACE"
2490 PRINT "ST=TYPE#"
2500 PRINT "TBASE=BALANCE POINT TEMPERATURE   <C>" 
2510 PRINT "NHLC=NET HEATING LOAD COEFF.    <WH/C.DAY>" 
2520 PRINT "LCR=LOAD COLLECTOR RATIO        <WH/M*M.C.DAY>" 
2530 PRINT "SLCR=LCR FOR SOLAR APERTURE    <WH/M*M.C.DAY>" 
2540 PRINT "OVER=OVERHANG(X/H=0-0.5)" 
2550 PRINT "SEPA=SEPARATION(Y/H=0-0.5)" 
2560 PRINT "RG=GROUND REFLECTANCE(0-1)" 
2570 PRINT "AZIM=AZIMUTH(0-90DEG. EAST OR WEST)" 
2580 PRINT "TILT=TILT(45-90DEG.)" 
2590 PRINT "AS0=SOLAR ABSORPTANCES(0-1)" 
2600 RETURN
2610 PRINT TAB( 11);"LOC.NO.": SPC( 16);"LOCATION NAME": PRINT : PRINT
    TAB( 13);"1": SPC( 21);"DAEGWANEUNG": PRINT TAB( 13);"2": SPC( 21);
    "CHUNCHEON"
2620 PRINT TAB( 13);"3": SPC( 21);"BANGEUNG": PRINT TAB( 13);"4": SPC(
    21);"SEOUL": PRINT TAB( 13);"5": SPC( 21);"SEOSAN"
2630 PRINT TAB( 13);"6": SPC( 21);"CHEUNGJU": PRINT TAB( 13);"7": SPC(
    21);"CHUFUNGNEUNG": PRINT TAB( 13);"8": SPC( 21);"POHANG"
2640 PRINT TAB( 13);"9": SPC( 21);"DAEGU": PRINT TAB( 13);"10": SPC( 2
    0);"JEONJU": PRINT TAB( 13);"11": SPC( 20);"GWANGJU"
2650 PRINT TAB( 13);"12": SPC( 20);"BUSAN": PRINT TAB( 13);"13": SPC(
    20);"MOKPO": PRINT TAB( 13);"14": SPC( 20);"JEJU": PRINT TAB( 13);"
    15": SPC( 20);"JINJU"
2660 RETURN
2670 DATA 31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31
2680 DATA JAN,FEB,MAR,APR,MAY,JUN,JUL,AUG,SEP,OCT,NOV,DEC
2690 REM JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT
    NOV DEC
2700 DATA DAEGWANEUNG,37.4
2710 DATA 2068, 2731, 3469, 4106, 4265, 4273, 3368, 3365, 3547, 2800, 1
    907, 1931
2720 DATA -8.7, -6.6, -0.3, 7.4, 12.3, 15.7, 19.3, 19.2, 12.9, 8.2,
    0.7, -5.0

```

2730 DATA 72.5, 79.0, 87.8, 97.0, 104.9, 109.0, 107.5, 101.0, 92.2, 83.0, 7
5.1, 71.0
2740 DATA CHUNCHEUN,37.5
2750 DATA 1586, 2253, 3169, 3747, 3672, 4483, 3424, 3527, 3377, 2461, 1
603, 1355
2760 DATA -6.4, -2.4, 4.7, 12.3, 16.7, 21.4, 24.2, 24.3, 18.0, 12.2,
3.9, -2.3
2770 DATA 72.4, 78.9, 87.8, 97.0, 105.0, 109.1, 107.6, 101.1, 92.2, 83.0, 7
5.0, 70.9
2780 DATA GANGNEUNG,37.5
2790 DATA 1821, 2736, 3371, 4106, 4110, 4006, 3658, 3558, 3591, 2879, 1
964, 1938
2800 DATA -0.6, 0.6, 5.7, 13.0, 17.8, 19.6, 24.0, 24.6, 19.5, 15.3,
7.8, 3.1
2810 DATA 72.4, 78.9, 87.8, 97.0, 105.0, 109.1, 107.6, 101.1, 92.2, 83.0, 7
5.0, 70.9
2820 DATA SEOUL,37.3
2830 DATA 1779, 2260, 3049, 3589, 3460, 4024, 2922, 2973, 3298, 2555, 1
621, 1346
2840 DATA -4.1, -0.9, 6.0, 12.6, 17.4, 22.0, 24.7, 25.3, 20.4, 14.6,
5.8, 0.0
2850 DATA 72.5, 79.0, 87.7, 97.0, 104.8, 109.0, 107.5, 101.0, 92.2, 83.0, 7
5.2, 71.0
2860 DATA SEOSAN,36.5
2870 DATA 2218, 2846, 3535, 4176, 4494, 5102, 3724, 3723, 3941, 2848, 1
883, 1814
2880 DATA -3.4, -1.0, 5.3, 11.1, 16.5, 20.9, 24.3, 24.8, 19.4, 14.1,
6.3, 0.8
2890 DATA 73.1, 79.3, 87.9, 96.8, 104.4, 108.4, 106.9, 100.7, 92.1, 82.2, 7
5.6, 71.6
2900 DATA CHEUNGJU,36.4
2910 DATA 1848, 2354, 2809, 3395, 3614, 4184, 3401, 3358, 3011, 2455, 1
488, 1326
2920 DATA -4.7, -1.4, 5.7, 12.3, 17.9, 22.1, 25.1, 25.2, 19.1, 13.1,
5.1, -0.8
2930 DATA 73.1, 79.3, 87.9, 96.8, 104.4, 108.4, 106.9, 100.7, 92.1, 82.2, 7
5.6, 71.6
2940 DATA CHUPUNGNEUNG,36.1
2950 DATA 2335, 2826, 3471, 4066, 4367, 4827, 3612, 3386, 3608, 3112, 1
996, 1944
2960 DATA -2.9, -0.9, 5.8, 12.6, 17.4, 21.3, 23.9, 24.0, 18.5, 13.1,
5.8, 0.1
2970 DATA 73.3, 79.5, 87.9, 96.7, 104.2, 108.1, 106.7, 100.5, 92.1, 83.3, 7
5.8, 71.9

2980 DATA POHANG,36
2990 DATA 2631, 2805, 3407, 3634, 3783, 3872, 3279, 3214, 2920, 2356, 1
675, 1761
3000 DATA 0.3, 2.1, 7.6, 13.8, 18.2, 20.5, 24.7, 25.6, 20.0, 15.4,
9.0, 3.5
3010 DATA 73.4, 79.5, 87.9, 96.7, 104.1, 108.1, 106.6, 100.5, 92.1, 83.3, 7
5.9, 71.9
3020 DATA DAEGU,35.5
3030 DATA 2160, 2560, 3292, 3688, 4256, 4089, 3288, 3365, 3311, 2764, 1
928, 1883
3040 DATA -1.0, 1.1, 7.6, 14.0, 19.0, 22.4, 25.5, 26.1, 20.2, 14.8,
7.9, 1.8
3050 DATA 73.7, 79.7, 87.9, 96.5, 103.9, 107.8, 106.3, 100.3, 92.1, 83.5, 7
6.1, 72.2
3060 DATA JEONJU,35.5
3070 DATA 1946, 2604, 2727, 3274, 3608, 4303, 3552, 3356, 3392, 2692, 1
796, 1668
3080 DATA -2.2, 0.0, 6.8, 12.7, 18.3, 22.1, 25.5, 25.7, 20.3, 14.5,
6.9, 1.5
3090 DATA 73.7, 79.7, 87.9, 96.5, 103.9, 107.8, 106.3, 100.3, 92.1, 83.5, 7
6.1, 72.2
3100 DATA GWANGJU,35.1
3110 DATA 1942, 2459, 2741, 3403, 4600, 4532, 3666, 3305, 3949, 3085, 1
929, 1810
3120 DATA -0.9, 1.2, 7.4, 12.9, 18.4, 22.1, 25.2, 26.1, 20.7, 15.2,
7.9, 2.2
3130 DATA 74.0, 79.9, 88.0, 96.4, 103.7, 107.5, 106.0, 100.1, 92.0, 83.6, 7
6.3, 72.5
3140 DATA BUSAN,35.1
3150 DATA 2707, 3125, 3701, 4105, 4595, 4566, 3956, 4333, 3765, 3414, 2
417, 2521
3160 DATA 1.7, 3.5, 8.8, 13.8, 17.4, 20.5, 24.0, 25.7, 21.2, 16.7, 1
0.4, 5.0
3170 DATA 74.0, 79.9, 88.0, 96.4, 103.7, 107.5, 106.0, 100.1, 92.0, 83.6, 7
6.3, 72.5
3180 DATA MOKPO,34.5
3190 DATA 1908, 2524, 3087, 3351, 3929, 3865, 3187, 3598, 2962, 2388, 1
444, 1387
3200 DATA 0.7, 2.0, 7.2, 12.2, 17.6, 21.4, 24.7, 25.9, 21.3, 16.4,
9.1, 3.9
3210 DATA 74.3, 80.1, 88.0, 96.3, 103.4, 107.0, 105.7, 99.9, 92.0, 83.7, 7
6.6, 73.0
3220 DATA JEJU,33.3
3230 DATA 1387, 2242, 2976, 3425, 4764, 4325, 4228, 4084, 3400, 2848, 1
702, 1461

3240 DATA 4.6, 5.4, 9.5, 13.5, 17.9, 21.0, 25.8, 28.6, 21.6, 17.7, 1
 2.0, 7.6
 3250 DATA 75.0, 80.6, 89.1, 96.0, 102.8, 106.3, 105.0, 99.4, 91.9, 84.0, 7
 7.2, 73.7
 3260 DATA JINJU,35.1
 3270 DATA 2820, 3168, 3884, 4179, 4667, 4362, 3791, 4045, 4084, 3343, 2
 337, 2405
 3280 DATA -1.2, 0.8, 7.1, 12.7, 17.5, 21.3, 24.6, 25.6, 19.6, 13.9,
 7.1, 1.0
 3290 DATA 74.0, 79.9, 88.0, 96.4, 103.7, 107.5, 106.0, 100.1, 92.0, 83.6, 7
 6.3, 72.5
 3300 REM DIRECT GAIN SYSTEM
 3310 REM A B C D R G G- H SLCR SLCR
 - SSF
 3320 DATA 0.5650, 1.0090, 1.0440, 0.7175, 0.3931, 9.36, 53.1, 0.0, 0.0,
 , 0.406
 3330 DATA 0.5906, 1.0060, 1.0650, 0.8099, 0.4681, 5.28, 29.9, 0.0, 0.0,
 , 0.535
 3340 DATA 0.5442, 0.9715, 1.1300, 0.9273, 0.7068, 2.64, 15.0, 0.0, 0.0,
 , 0.681
 3350 DATA 0.5739, 0.9948, 1.2510, 1.0610, 0.7905, 9.60, 54.5, 0.0, 0.0,
 , 0.480
 3360 DATA 0.6180, 1.0000, 1.2760, 1.1560, 0.7528, 5.52, 31.3, 0.0, 0.0,
 , 0.600
 3370 DATA 0.5601, 0.9839, 1.3520, 1.1510, 0.8879, 2.38, 13.5, 0.0, 0.0,
 , 0.731
 3380 DATA 0.6344, 0.9887, 1.5270, 1.4380, 0.8632, 9.60, 54.5, 0.0, 0.0,
 , 0.591
 3390 DATA 0.6763, 0.9994, 1.4000, 1.3940, 0.7604, 5.29, 29.9, 0.0, 0.0,
 , 0.686
 3400 DATA 0.6182, 0.9859, 1.5650, 1.4370, 0.8990, 2.40, 13.6, 0.0, 0.0,
 , 0.802
 3410 REM TROMBE WALL - VENTED AND UNVENTED
 3420 REM A B C D R G G- H SLCR SLCR
 - SSF
 3430 DATA 0.0, 1.0, 0.9194, 0.4601, -9.0, 0.0, 0.0, 1.11, 13.0, 73.
 7, 0.460
 3440 DATA 0.0, 1.0, 0.9680, 0.6318, -9.0, 0.0, 0.0, 0.92, 13.0, 73.
 7, 0.557
 3450 DATA 0.0, 1.0, 0.9964, 0.7123, -9.0, 0.0, 0.0, 0.85, 13.0, 73.
 7, 0.596
 3460 DATA 0.0, 1.0, 1.0190, 0.7332, -9.0, 0.0, 0.0, 0.79, 13.0, 73.
 7, 0.608
 3470 DATA 0.0, 1.0, 0.9364, 0.4777, -9.0, 0.0, 0.0, 1.01, 13.0, 73.
 7, 0.477

3480	DATA	0.0,	1.0,	0.9821,0.6020,-9.0,	0.0,	0.0,0.85,	13.0,	73.
			7,	0.548				
3490	DATA	0.0,	1.0,	0.9980,0.6191,-9.0,	0.0,	0.0,0.80,	13.0,	73.
			7,	0.559				
3500	DATA	0.0,	1.0,	0.9981,0.5615,-9.0,	0.0,	0.0,0.76,	13.0,	73.
			7,	0.534				
3510	DATA	0.0,	1.0,	0.9558,0.4709,-9.0,	0.0,	0.0,0.89,	13.0,	73.
			7,	0.491				
3520	DATA	0.0,	1.0,	0.9788,0.4964,-9.0,	0.0,	0.0,0.79,	13.0,	73.
			7,	0.501				
3530	DATA	0.0,	1.0,	0.9760,0.4519,-9.0,	0.0,	0.0,0.76,	13.0,	73.
			7,	0.479				
3540	DATA	0.0,	1.0,	0.9588,0.3612,-9.0,	0.0,	0.0,0.73,	13.0,	73.
			7,	0.430				
3550	DATA	0.0,	1.0,	0.9842,0.4418,-9.0,	0.0,	0.0,0.89,	22.0,	124.
			8,	0.424				
3560	DATA	0.0,	1.0,	1.0150,0.8994,-9.0,	0.0,	0.0,0.80,	9.2,	52.
			2,	0.657				
3570	DATA	0.0,	1.0,	1.0346,0.7810,-9.0,	0.0,	0.0,1.08,	8.9,	50.
			5,	0.707				
3580	DATA	0.0,	1.0,	1.0606,0.9770,-9.0,	0.0,	0.0,0.85,	5.8,	32.
			9,	0.762				
3590	DATA	0.0,	1.0,	1.0721,1.0718,-9.0,	0.0,	0.0,0.61,	4.5,	25.
			5,	0.765				
3600	DATA	0.0,	1.0,	1.0345,0.8753,-9.0,	0.0,	0.0,0.68,	12.0,	68.
			1,	0.760				
3610	DATA	0.0,	1.0,	1.0476,1.0050,-9.0,	0.0,	0.0,0.66,	8.7,	49.
			3,	0.765				
3620	DATA	0.0,	1.0,	1.0919,1.0739,-9.0,	0.0,	0.0,0.61,	5.5,	31.
			2,	0.855				
3630	DATA	0.0,	1.0,	1.0971,1.1429,-9.0,	0.0,	0.0,0.47,	4.3,	24.
			4,	0.835				
3640	DATA	0.0,	1.0,	0.9430,0.4744,-9.0,	0.0,	0.0,1.09,	13.0,	73.
			7,	0.458				
3650	DATA	0.0,	1.0,	0.9900,0.6053,-9.0,	0.0,	0.0,0.93,	13.0,	73.
			7,	0.532				
3660	DATA	0.0,	1.0,	1.0189,0.6502,-9.0,	0.0,	0.0,0.86,	13.0,	73.
			7,	0.555				
3670	DATA	0.0,	1.0,	1.0419,0.6258,-9.0,	0.0,	0.0,0.80,	13.0,	73.
			7,	0.543				
3680	DATA	0.0,	1.0,	0.9693,0.4714,-9.0,	0.0,	0.0,1.01,	13.0,	73.
			7,	0.455				
3690	DATA	0.0,	1.0,	1.0133,0.5462,-9.0,	0.0,	0.0,0.88,	13.0,	73.
			7,	0.497				


```

4160 DATA 0.0, 1.0, 0.9408,0.3866,-9.0, 0.0, 0.0,0.97, 16.3, 92.
      5, 0.485
4170 DATA 0.0, 1.0, 1.0068,0.6778,-9.0, 0.0, 0.0,0.84, 8.5, 48.
      2, 0.712
4180 DATA 0.0, 1.0, 0.9395,0.3363,-9.0, 0.0, 0.0,0.95, 19.3,109.
      5, 0.430
4190 DATA 0.0, 1.0, 1.0047,0.6469,-9.0, 0.0, 0.0,0.87, 9.7, 55.
      0, 0.687
4200 DATA 0.0, 1.0, 1.0087,0.7683,-9.0, 0.0, 0.0,0.76, 16.3, 92.
      5, 0.593
4210 DATA 0.0, 1.0, 1.0412,0.9281,-9.0, 0.0, 0.0,0.78, 10.0, 56.
      7, 0.713
4220 DATA 0.0, 1.0, 0.9699,0.5106,-9.0, 0.0, 0.0,0.79, 16.3, 92.
      5, 0.478
4230 DATA 0.0, 1.0, 1.0152,0.7523,-9.0, 0.0, 0.0,0.81, 10.0, 56.
      7, 0.646
4240 DATA 0.0, 1.0, 0.9889,0.6643,-9.0, 0.0, 0.0,0.84, 17.8,101.
      0, 0.727
4250 DATA 0.0, 1.0, 1.0493,0.8753,-9.0, 0.0, 0.0,0.70, 9.9, 56.
      2, 0.853
4260 DATA 0.0, 1.0, 0.9570,0.5285,-9.0, 0.0, 0.0,0.90, 17.8,101.
      0, 0.660
4270 DATA 0.0, 1.0, 1.0356,0.8142,-9.0, 0.0, 0.0,0.73, 9.9, 56.
      2, 0.835
4280 DATA 0.0, 1.0, 0.9958,0.7004,-9.0, 0.0, 0.0,0.77, 19.6,111.
      2, 0.659
4290 DATA 0.0, 1.0, 1.0468,0.9054,-9.0, 0.0, 0.0,0.76, 10.8, 61.
      3, 0.797
4300 DATA 0.0, 1.0, 0.9565,0.4827,-9.0, 0.0, 0.0,0.81, 19.6,111.
      2, 0.556
4310 DATA 0.0, 1.0, 1.0214,0.7694,-9.0, 0.0, 0.0,0.79, 10.8, 61.
      3, 0.751
4320 REM      RATIO OF ABSORBED/TRANSMITTED
4330 DATA 0.948,0.976,0.957,0.962,0.964,1
4340 REM      RATIO OF TRANSMITTED/HORIZONTAL(BG,TW,WW)
4350 DATA 0.5136,-0.4020,0.9059,-0.3306,-0.3787,5.1344
4360 DATA 0.4146,-0.2847,0.7160,-0.2817,-0.4251,4.5913
4370 DATA 0.3484,-0.1610,0.4980,-0.2049,-0.6715,4.4288
4380 REM      RAT10 OF ABSORBED/HORIZONTAL(BG)
4390 DATA 0.72008,-0.15181,0.49973,-0.15039,0.14384,3.6374
4400 DATA 0.81554,-0.23988,0.60252,-0.16445,0.33730,3.1695
4410 DATA 0.58932,-0.09693,0.38955,-0.14699,-0.39149,3.9171
4420 DATA 0.62569,-0.13941,0.43331,-0.14982,-0.26401,3.5685
4430 DATA 0.39436,-0.21103,0.58815,-0.24083,-0.60746,4.6546
4440 DATA 0.73147,-0.15418,0.50763,-0.15276,0.14608,3.6950

```

```

4450 DATA 0.61661,-0.10127,0.40733,-0.15367,-0.40940,4.0969
4460 REM          OVERHANG COEFFICIENTS
4470 DATA 1.1127,-5.1346,34.787,-110.97,188.87,-164.35,57.283
4480 DATA 1.3885,-10.235,57.238,-153.67,223.11,-167.96,51.280
4490 DATA 1.3486,-7.8189,28.720,-42.754,27.372,-5.7095,0
4500 DATA 1.3252,-6.7539,19.550,-20.280,6.8950,0,0
4510 DATA 0.9573,-1.6503,9.6673,-17.602,10.438,0,0
4520 DATA 1.1084,-4.9185,21.781,-34.397,18.703,0,0
4530 DATA 1.3477,-8.0784,31.239,-45.384,23.186,0,0
4540 DATA 1.3866,-8.1162,27.129,-33.830,14.863,0,0
4550 DATA 0.8626,0.0052,3.5087,-9.2565,6.6807,0,0
4560 DATA 1.1123,-5.2212,26.084,-45.357,26.403,0,0
4570 DATA 1.3313,-8.1436,33.581,-50.379,25.821,0,0
4580 DATA 1.4030,-8.4608,29.753,-37.560,15.901,0,0
4590 DATA 0.8320,1.5292,-5.0588,7.2136,-3.7488,0,0
4600 DATA 0.8685,-1.4472,12.345,-26.787,17.983,0,0
4610 DATA 1.2805,-8.3013,41.483,-74.138,44.487,0,0
4620 DATA 1.5520,-11.739,51.193,-82.506,45.377,0,0
4630 REM          NUMBER OF GLAZING
4640 DATA 2,3,2,2,3,2,2,3,2
4650 DATA 2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,1,3,1,2,3,1,2,1,2
4660 DATA 2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,1,3,1,2,3,1,2,1,2
4670 DATA 2,2,2,2,2,2,1,3,1,2,3,1,2,1,2
4680 DATA 2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2
4690 REM          EFFECT OF AZIMUTH FOR A VERTI. WALL
4700 DATA 1.1022,-0.3565,0.1508,0.1261
4710 DATA 1.3098,-1.0701,0.3486,0.4586
4720 DATA 1.5024,-1.7059,0.3587,0.6353
4730 DATA 1.6572,-2.2976,0.4993,1.0092
4740 DATA 1.8589,-3.6426,2.0118,0.3250
4750 REM          EFFECT OF TILT FOR AZIMUTH
4760 DATA 1.5189,-1.0689,0.5706
4770 DATA 2.0603,-2.4734,1.4836
4780 DATA 2.5513,-3.9346,2.4696
4790 DATA 1.3306,-0.3984,-0.0193
4800 DATA 1.6937,-1.0948,0.2923
4810 DATA 2.0412,-1.9789,0.7620
4820 DATA 1.2098,-0.0965,-0.0945
4830 DATA 1.4405,-0.3880,-0.0316
4840 DATA 1.6671,-0.8169,0.1342
4850 DATA 1.1753,-0.0759,0.0354
4860 DATA 1.3455,-0.2771,0.0817
4870 DATA 1.5385,-0.4267,0.0878
4880 END

```

2. 입력의 예 (대안 I)

```
*****  
**      SLP(SOLAR LOAD RATIO) METHOD      **  
**      PROGRAM FOR SSP CALCULATION       **  
*****
```

SITE SYSTEM TYPE : DS=DIRECT GAIN
 DS=STORAGE WALL
 WS=WATER WALL
 SS=SUNSPACE

ST=TYPE#
 TBASE=BALANCE POINT TEMPERATURE (C)
 ANGULAR APP. INT. LOAD COEFF. (W/m², DAY)
 LOR=LOAD COLLECTOR RATIO (W/m², m², DAY)
 ESH=SHR FOR SOLAR APERTURE (JUH/m², 1, DAY)
 OVER=OVERHANG (1, H=0~0.5)
 SEPA=SEPARATION (1, H=0~0.5)
 RG=GROUND REFLECTANCE (0~1)
 AZIM=AZIMUTH (0~360°, EAST OR WEST)
 TILT=TILT (45~90°EG.)
 ABS=SORLAR ABSORBTANCE (0~1)

STE, ST, TBASE : 95, 17, 13, 4
 LHC, LOR, SLOP : 1.92820, 82.5, 93.1
 OVER, SESA, RGT : 0, 0, 0.3
 SHFM, TLT, ABS : 0.90, 0.8

LOC. NO.	LOCATION NAME
1	DAEGWANHYUN
2	CHUNCHEON
3	GANGNEUNG
4	SEOGU
5	SEOBAN
6	CHEUNGJU
7	CHORJONGNEUNG
8	POHANG
9	DAEGU
10	JEDWU
11	GWANGJU
12	BUSAN
13	NOKPO
14	JEJU
15	JINJU

LOCATION NUMBER 74

THERMAL PERFORMANCE ANALYSIS

LOCATION-----SEOUL
 ALTITUDE-----37.3 DEG
 SYSTEM TYPE-----3317
 BALANCE POINT TEMPERATURE-----16.4(C)
 AEC HEATING LOAD DRAFF-----132820(WH/C.DAY)
 LOAD COLLECTOR RATIO(L/D)-----82.5(WH/MM.C.DAY)
 LCR FOR SOLAR PERT. (E/G)-----1.37, 1.4 WH/MM.C.DAY
 GERRANG AND SEPARATION-----1/H=0.7/H=C
 SPONGE REFLECTANCE-----1.3
 AZIMUTH-----0.0DEG E. OF N.
 TILT-----40.0DEG
 SOLAR ABSORPTANCES-----0.6

MON.	AMBIENT TEMP.	DD	S	NET HEP. SOLAR AUX.		SEF
				WAD	SAVING(S)	
JAN	-9.1	43	38	116102	10368	0.7792
FEB	-1.5	45	52	88156	24711	0.8857
MAR	3	372	58	58541	36167	0.7754
APR	12.3	114	46	20841	18890	0.52
MAY	17.4	0	39	0	0	1.00
JUN	22	0	41	0	0	1.00
JUL	24.7	0	54	0	0	1.00
AUG	25.7	0	58	0	0	1.00
SEP	20.1	0	59	0	0	1.00
OCT	14.6	56	53	10201	10276	2
NOV	5.6	318	42	56137	25110	0.927
DEC	0	368	40	52346	8466	0.6545
TOTAL		2438		445806	132816	0.6831

ANNUAL SSP = 31.2

4. 태양열 절감율 계산의 예 (대안IV)

Thermal Performance Analysis

LOCATION-----SEOUL
 LATITUDE-----37.3(LEG)
 SYSTEM TYPE-----TWIN
 BALANCE POINT TEMPERATURE-----14.1($^{\circ}$ C)
 NET HEATING LOAD COEFF.-----182320(WH/C.DAY)
 LOAD COLLECTOR RATIO(LCR)-----114(WH/M².C.DAY)
 LCR FOR SOLAR APERATURE(GLCR)-----33.3(WH/M².C.DAY)
 OVERHANG AND SEPARATION-----X/H=.25Y/H=.125
 GROUND REFLECTANCE-----.3
 AZIMUTH-----0(DEG E. OF N.)
 TILT-----90(DEG)
 SOLAR ABSORPTANCES-----1

MON.	AMBIENT TEMP. ($^{\circ}$ C)	DD ($^{\circ}$ C.DAY)	S (WH/M ²)	NET REF. SOLAR AVAIL.		SSF (%)
				LOAD (WH/DAY)	SAVINGS (KWH)	
JAN	-4.1	564	55	103147	42646	60501 41.3
FEB	-1.9	426	50	75784	39214	37571 51.1
MAR	3	251	50	45906	34778	11129 75.8
APR	12.5	45	36	8227	8216	11 99.9
MAY	17.4	0	29	0	0	0 100
JUN	22	0	31	0	0	0 100
JUL	24.7	0	25	0	0	0 100
AUG	23.3	0	27	0	0	0 100
SEP	20.4	0	42	0	0	0 100
OCT	14.6	0	53	0	0	0 100
NOV	5.8	249	41	46522	30584	14938 67.2
DEC	0	437	40	79911	30403	47508 38
TOTAL		1966		353497	195641	173658

ANNUAL SSF = 51.7

THERMAL PERFORMANCE ANALYSIS

LOCATION-----SEOUL
 LATITUDE-----37.3(DEG)
 SYSTEM TYPE-----TW3
 BALANCE POINT TEMPERATURE-----14.1(C)
 NET HEATING LOAD COEFF.-----182820(KW/C.DAY)
 LOAD COLLECTOR RATIO(LCR)-----114(WH/MM.C.DAY)
 LCR FOR SOLAR APERTURE(LCR)-----35.8(WH/MM.C.DAY)
 OVERHANG AND SEPARATION-----X/H=.25Y/H=.125
 GROUND REFLECTANCE-----.3
 ELEVATION-----0(DEG E OR W.)
 TILT-----90(DEG)
 SOLAR ABSORPTANCE-----1

MON. AMBIENT TEMP. (C.)	DD (C.DAY)	S (KWH/M².M)	NET REF. SOLAR AUX. SSF		
			LOAD (KWH)	SAVINGS (KWH)	HEAT (%)
JAN -4.1	564	55	103147	38414	55733 35.3
FEB -2.9	426	50	76784	33258	43527 43.3
MAR 5	251	50	45903	30311	15595 68
APR 12.4	45	36	8227	6164	63 99.2
MAY 17.4	0	29	0	0	0 100
JUN 22	0	31	0	0	0 100
JUL 24.7	0	25	0	0	0 100
AUG 25.7	0	27	0	0	0 100
SEP 20.4	0	41	0	0	0 100
OCT 14.6	0	53	0	0	0 100
NOV 5.8	249	41	45522	26239	19264 57.3
DEC 1	437	40	75911	28107	53804 32.7
TOTAL	1966		359497	160472	199606

ANNUAL SSF = 44.6

THERMAL PERFORMANCE ANALYSIS

LOCATION-----SEOLL
 LATITUDE-----37.5(DEG)
 SYSTEM TYPE-----156
 BALANCE POINT TEMPERATURE-----14.1(C)
 NET HEATING LOAD COEFF.-----182320(KWH/C.DAY)
 LOAD COLLECTOR RATIO(LCR)-----114(KW/M².C.DAY)
 LCR FOR SOLAR APERTURE(SLCR)-----32.8(KW/M².C.DAY)
 OVERHANG AND SEPARATION-----X=H=.375Y/H=.125
 GROUND REFLECTANCE-----.3
 AZIMUTH-----0 DEG E. OF W.
 TILT-----90(DEG)
 SOLAR ABSORPTANCES-----.8

	MON. AMBIENT TEMP.	D ₂	S	NET REF. SOLAR LOAD	AU ₁	SSF
	(C)	(C.DAY)	(KWH/M ²)	(KWH)	(KWH)	(%)
JAN	-4.1	564	52	163147	34681	68466
FEB	-1.9	410	46	76784	32389	44395
MAR	6	251	44	45906	31025	14381
APR	12.6	45	31	8227	6052	175
MAY	17.4	0	26	0	0	100
JUN	22	0	28	0	0	100
JUL	24.7	6	22	0	0	100
AUG	25.3	0	23	0	0	100
SEP	20.4	0	16	0	0	100
OCT	14.6	0	48	0	0	100
NOV	5.8	249	39	45522	27773	17749
DEC	0	437	38	79911	24678	55273
TOTAL		1966		359497	156559	200339

ANNUAL SSF = 44.1

THERMAL PERFORMANCE ANALYSIS

LOCATION-----SEOUL
 LATITUDE-----37.3 (DEG)
 SYSTEM TYPE-----084
 BALANCE POINT TEMPERATURE-----14.1 (C)
 NET HEATING LOAD COEFF.-----182620 (WH/C.DAY)
 LOAD COLLECTOR RATIO (LCR)-----114 (WH/M2M.C.DAY)
 LCR FOR SOLAR APERTURE/ELCF-----33.8 (WH/M2M.C.DAY)
 OVERHANG AND SEPARATION-----X/H=.375 Y/H=.125
 GROUND REFLECTANCE-----.3
 ALBEDO-----0.055 ECR N.Y
 TILT-----30 DEG
 SOLAR ABSORPTANCE-----.8

MON. AMBIENT TEMP.	WHR (C.DAY)	SOLAR RADIATION (KWH)	NET REF. SOLAR (KWH)	LOAD (KWH)	LOAD SAVINGS (KWH)	SEF	
						AUX. (KWH)	(%)
JAN	-4.1	564	52	100147	-1250	104407	-1.2
FEB	-1.2	610	46	26784	5793	70985	7.5
MAR	5	211	44	45916	17692	55214	33.5
APR	12.5	45	21	8227	7855	272	96.7
MAY	17.4	0	25	0	0	0	100
JUN	22	0	28	0	0	0	100
JUL	24.7	0	22	0	0	0	100
AUG	25.1	0	23	0	0	0	100
SEP	20.4	0	28	0	0	0	100
OCT	14.6	0	48	0	0	0	100
NOV	5.3	147	39	43521	13529	51992	29.7
DEC	0	457	58	79511	-3262	87173	-4.1
TOTAL	1965		339497	40450	319048		

ANNUAL SEF = 11.3

대안IV는 침실에 트롬벽 방식을 사용하고 거실에 직접회득방식을 사용한 경우로서 집열창의 면적비는 다음과 같다.

$$TW : 1043.28 \text{ } m^2 \quad DG : 564 \text{ } m^2$$

$$F_1 = \frac{1043.28}{1043.28 + 564} = 0.649$$

$$F_2 = 1 - 0.649 = 0.351$$

침실과 거실 모두에 R_4 야간단열재를 사용하므로 R_0 와 R_9 에 해당하는 SSF를 구하여 R_4 를 선정한다.

$$DG \quad R = 4 \quad R_0 = 1.8$$

$$Y = \frac{1 + R_0 / 9}{1 + R_0 / R} = \frac{1 + 1.8 / 9}{1 + 1.8 / 4} = 0.828 = F_1 \quad F_2 = 0.172$$

$$TW \quad R = 4 \quad R_0 = 4.6$$

$$Y = \frac{1 + R_0 / 9}{1 + R_0 / R} = \frac{1 + 4.6 / 9}{1 + 4.6 / 4} = 0.702 = F_1 \quad F_2 = 0.298$$

먼저

$$0.702 \times 51.7 + 0.298 \times 44.6 = 49.6 \text{ } (\%)$$

$$0.828 \times 44.1 + 0.172 \times 11.3 = 38.5 \text{ } (\%)$$

그러므로

$$0.649 \times 49.6 + 0.351 \times 38.5 = 45.7 \text{ } (\%)$$

결국 대안IV의 연간 태양열 절감율은 45.7%이다.

부록 3. 구조체의 열관류율

다음의 자료는 본 연구에서 사용한 1984년 대한주택공사에서 설계한 고층아파트의 구조체 열관류율이다.

구조	명칭	두께 mm	열전도율 Kcal/ mhr °C	열저항 $m^2 hr °C /$ Kcal	비고
지붕	외부열저항	-	-	0.033	열전달저항
	콘크리트	70	1.4	0.05	•
	스티로폴	50	0.032	1.563	$\rho = 0.25$
	아스팔트방수	-	-	0.041	•
	콘크리트	125	1.4	0.089	•
	스티로폴	20	0.032	0.625	$\rho = 0.25$
	석고보오드	7	0.12	0.058	•
	내부열저항	-	-	0.125	열전달저항
R (열관류저항) = 2.584					
K (열관류율) = 0.387					
1층바닥	내부열저항	-	-	0.125	열전달저항
	시멘트몰탈	40	1.2	0.033	•
	자갈채우기	60	1.4	0.043	•
	누름몰탈	30	1.2	0.025	•
	스티로폴	20	0.032	0.625	$\rho = 0.25$
	콘크리트	125	1.4	0.089	•
	스티로폴	50	0.032	1.563	$\rho = 0.25$
	내부열저항	-	-	0.125	열전달저항
R (열관류저항) = 2.628					
K (열관류율) = 0.381					

<p>측면 외벽</p>	1	외부열저항	-	-	0.033	열전달저항
	2	콘크리트	180	1.4	0.129	•
	3	스티로폼	70	0.032	2.188	$\rho = 0.25$
	4	석고보오드	9	0.12	0.075	•
	5	내부열저항	-	-	0.143	열전달저항
R (열관류저항) = 2.568						
K (열관류율) = 0.389						
<p>외벽</p>	1	외부열저항	-	-	0.033	열전달저항
	2	시멘트몰탈	13	1.2	0.011	•
	3	시멘트벽돌	90	1.2	0.075	•
	4	스티로폼	50	0.032	1.563	$\rho = 0.25$
	5	공기층	20	-	0.053	•
	6	시멘트벽돌	90	1.2	0.075	•
	7	석고보오드	9	0.12	0.075	•
	8	내부열저항	-	-	0.143	열전달저항
R (열관류저항) = 2.028						
K (열관류율) = 0.493						
<p>내벽 1</p>	1	내부열저항	-	-	0.143	열전달저항
	2	시멘트몰탈	13	1.2	0.011	•
	3	시멘트벽돌	90	1.2	0.075	•
	4	석고보오드	9	0.12	0.075	•
	5	내부열저항	-	-	0.143	열전달저항
R (열관류저항) = 0.447						
K (열관류율) = 2.237						

내벽 2	1	내부열저항	-	-	0.143	열전달저항
	2	시멘트몰탈	13	1.2	0.011	•
	3	콘크리트	150	1.4	0.107	•
	4	석고보오드	9	0.12	0.075	•
	5	내부열저항	-	-	0.143	열전달저항
	R (열관류저항) = 0.479					
K (열관류율) = 2.088						

감사의 글

작은 결실을 맷으며 기쁨과 아쉬움에 또 하나의 나이테를 두릅니다. 진정 인간은 홀로 살 수 없기에 타인을 필요로 하고 도움을 받기 마련입니다. 먼저 본 논문이 있기까지 만난 모든 분들에 게 뜨거운 감사의 뜻을 전합니다.

본 논문을 세심히 지도해 주시고 학문의 문을 열어주신 李明浩 교수님, 새로운 시작으로 많은 깨우침을 주신 李彥求 교수님, 항상 격려를 아끼지 않으신 李賢浩 교수님, 많은 가르침을 주신 辛鉉植 교수님, 金德在 교수님, 鄭憲秀 교수님, 孫世寬 교수님께 진심으로 감사드립니다.

학부 때부터 대학원에 이르기까지 物心兩面 도움을 주신 財團法人 正修將學會와 많은 선배님께 진심으로 감사 드립니다.

이정찬, 전재호님, 유난히도 춤고 눈이 많았던 지난 겨울 우리가 함께 했던 모든 시간과 기쁨과 아픔을 아름다운 추억으로 간직 하겠습니다.

진정 인간은 홀로 살 수 없습니다. 주위에서 저를 아껴주신 가족, 친구, 선·후배등 모든 분들과 이 작은 결실의 기쁨을 함께 하겠습니다.