

第 114 回 碩士學位論文

指導教授 李 彦 求

공동주택 설계초기단계에서의 에너지
성능평가를 위한 부하 예측식 개발에 관한 연구

A Development of a Energy Performance
Evaluation Method Applicable during the Early
Design stage of Multi-Family Houses

中央大學校 大學院

建築學科 建築環境 및 設備專攻

孫 佑 溱

2011年 2月

공동주택 설계초기단계에서의 에너지
성능평가를 위한 부하 예측식 개발에 관한 연구

A Development of a Energy Performance
Evaluation Method Applicable during the Early
Design stage of Multi-Family Houses

이 論文을 碩士學位論文으로 提出함.

2011年 2月

中央大學校 大學院
建築學科 建築環境 및 設備專攻
孫 佑 溱

孫佑溱의 碩士學位論文으로 認定함.

審査委員長	朴 辰 植	
審査委員	권 영 권	
審査委員	이 언 구	

中央大學校 大學院

2011年 2月

목 차

제 1 장 서 론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구의 범위 및 방법	4
제 2 장 공동주택의 에너지 성능 평가제도	6
2.1 국내 공동주택 에너지 절약 기준 및 인증제도	6
2.1.1 국내 공동주택 에너지절약 관련 기준	6
2.1.2 친환경건축물인증제도	9
2.1.3 친환경건축물인증제도 관련 유사제도	11
2.2 국외 친환경 인증제도	14
2.2.1 LEED for Homes	14
2.2.2 BREEAM - CSH(The Code for Sustainable Home)	17
2.2.3 Green Star - Multi Unit Residential	19
2.3 국내외 친환경 인증제도 비교분석	21
2.3.1 에너지 성능 평가방식	21
2.3.2 에너지 성능평가항목	22
2.4 소결	24
제 3 장 공동주택 에너지 영향 건축계획요소 및 성능범위	25
3.1 건축물 에너지 영향인자	25
3.1.1 기후 및 대지	25
3.1.2 건물 및 시스템	26
3.1.3 거주자 및 운영방법	26
3.2 공동주택 에너지 영향 건축계획요소	27
3.2.1 규모계획	27
3.2.2 배치계획	29

3.2.3 평면계획	29
3.2.4 입단면계획	31
3.2.5 부위별 계획	32
3.3 공동주택 건축계획요소의 성능범위	36
3.3.1 공동주택 건축계획요소의 현황조사	36
3.3.2 저에너지 공동주택 사례조사	41
3.4 소결	46
제 4 장 공동주택 냉난방 부하 예측 방정식 개발	47
4.1 표준모델 작성 및 시뮬레이션 도구 선정	47
4.1.1 표준모델 및 시뮬레이션 조건 작성	47
4.1.2 시뮬레이션 도구 선정	53
4.2 실험계획법에 의한 시뮬레이션	55
4.2.1 실험계획법	55
4.2.2 인자배치 및 시뮬레이션 조건	55
4.2.3 시뮬레이션 결과	63
4.3 설계변수의 에너지 성능 평가	64
4.3.1 분산분석	64
4.3.2 설계변수의 에너지 성능 평가	66
4.3.3 설계변수의 에너지 성능 분석결과	68
4.3.4 설계변수를 통한 에너지 성능 예측	72
4.4 공동주택의 부하 예측 방정식 개발	74
4.4.1 회귀분석	74
4.4.2 주요영향요소를 통한 냉난방 부하 예측 방정식 도출	75
4.5 소결	81
제 5 장 결 론	82
참 고 문 헌	86
국 문 초 록	89
ABSTRACT	92

표 목 차

<표 2.1> 에너지 성능지표 검토서 예시(건축부문)	7
<표 2.2> 친환경주택 건설기준(2010년 6월 개정)	8
<표 2.3> 친환경건축물인증제도 평가부문 및 배점	9
<표 2.4> EPI 점수에 따른 에너지 소비비율(취사, 가전제품에 의한 소비량 제외)	10
<표 2.5> 이산화탄소 배출 저감 산출기준	10
<표 2.6> 건물 에너지 효율등급 인증제도의 등급설정기준	12
<표 2.7> 주택성능등급제도 에너지성능등급별 등급기준	13
<표 2.8> LEED for Homes 평가부문 및 배점	14
<표 2.9> 평가부문 및 배점과 가중비율	17
<표 2.10> Dwelling Emission Rate의 평가 기준	18
<표 2.11> SAP 2005 건물 에너지성능 평가지표	18
<표 2.12> 평가부문 및 배점과 가중비율	19
<표 2.13> 온실가스배출 저감비율에 따른 획득가능점수	20
<표 2.14> 국내외 친환경 인증제도 에너지성능평가 방법	21
<표 2.15> 국내외 인증제도의 에너지평가 항목분석	22
<표 3.1> 공동주택 에너지 성능 영향 건축계획요소	27
<표 3.2> 발코니 확장에 따른 유형	30
<표 3.3> 위치에 따른 단열재 종류	33
<표 3.4> 재료의 표면성질의 태양 반사율과 열방사율에 따른 평균온도	34
<표 3.5> 규모별 세대수 및 비율(전국 2001년 준공건물기준)	36
<표 3.6> 층수별 세대수 및 비율(전국)	36
<표 3.7> 계단실 형태별 세대수 및 비율(연도별)	37
<표 3.8> 전용면적별 장단변비	38
<표 3.9> 건물 외피성능 기준	39
<표 3.10> 그린홈 플러스 모델별 에너지 절약 계획요소	42
<표 3.11> ECO-3L 하우스 에너지 절약 계획요소	43
<표 3.12> BEDZED 에너지 절약 계획요소	44
<표 3.13> 패시브하우스 에너지절약 계획요소	45
<표 3.14> 공동주택 에너지 영향인자 및 성능수준	46
<표 4.1> 표준모델 설정조건	48

<표 4.2> 재료별 물성치	49
<표 4.3> 창호의 구성 및 물성치	49
<표 4.4> 냉난방시스템 운전조건	50
<표 4.5> 가전기기별 소비전력 및 사용 스케줄	52
<표 4.6> 냉·난방부하 시뮬레이션을 위한 설계단계별 설계변수 및 수준 ..	56
<표 4.7> 냉·난방부하 시뮬레이션을 위한 직교배열표	60
<표 4.8> 81회 시뮬레이션 조건	61
<표 4.9> 시뮬레이션 결과	61
<표 4.10> 난방부하에 대한 분산분석표	65
<표 4.11> 냉방부하에 대한 분산분석표	65
<표 4.12> 난방부하에 대한 설계변수 평가표	68
<표 4.13> 냉방부하에 대한 설계변수 평가표	70
<표 4.14> 설계변수 평가표를 이용한 냉·난방부하 예측 사례	72
<표 4.15> 명목형 변수 설정 예(발코니)	75
<표 4.16> 난방부하에 대한 다중회귀분석 결과	76
<표 4.17> 냉방부하에 대한 다중회귀분석 결과	78

그림 목차

(그림 1.1) 연구 흐름도	5
(그림 2.1) 에너지성능지표검토서의 구성	7
(그림 2.2) 주택성능등급표시제도 성능부문	12
(그림 2.3) Energy & Atmosphere(EA) 평가 경로	15
(그림 3.1) 건물의 에너지 요소	25
(그림 3.2) 조합에 따른 S/V비의 변화	28
(그림 3.3) 여름철 외기온에 대한 타임-랙 효과	33
(그림 3.4) 유리종류에 따른 일사획득계수	35
(그림 3.5) 규모별 세대수 현황	37
(그림 3.6) 층수별 세대수 현황	37
(그림 3.7) 지붕형태별 비율	38
(그림 3.8) 그린홈 플러스 핵심요소기술	41
(그림 3.9) 주거환경 연구센터	42
(그림 3.10) 영국 BEDZED	43
(그림 3.11) Passive House의 개념요소	45
(그림 4.1) 표준모델 입면도	48
(그림 4.2) 표준모델 단위세대 평면도	48
(그림 4.3) 공동주택 채일스케줄	51
(그림 4.4) 조명기기 사용스케줄	51
(그림 4.5) Energyplus 프로그램의 구성요소	53
(그림 4.6) DesignBuilder 모델링 화면	54
(그림 4.7) 평형의 변화조건	57
(그림 4.8) 세대조합의 변화조건	57
(그림 4.9) 발코니의 변화조건	58
(그림 4.10) 설계변수의 수준별 난방부하에 대한 영향력	69
(그림 4.11) 설계변수의 수준별 냉방부하에 대한 영향력	71
(그림 4.12) 난방부하 시뮬레이션 결과치와 예측치 비교	73
(그림 4.13) 냉방부하 시뮬레이션 결과치와 예측치 비교	73
(그림 4.14) 난방부하 시뮬레이션 결과치와 예측치 비교	80
(그림 4.15) 냉방부하 시뮬레이션 결과치와 예측치 비교	80

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 전 세계적으로 지구 온난화에 따른 기후변화의 문제가 인류의 생존을 위협하는 중대한 사안으로 부상되면서, EU 및 OECD를 비롯한 선진 각국에서는 기후변화에 대처하기 위해 다양한 분야에서 온실가스감축의 노력이 행해지고 있다. 또한, 1992년 브라질 리우환경회의에서 처음으로 기후변화협약(UNFCCC)이 채택된 이후로 최근에 있었던 2009년 12월 덴마크 코펜하겐 협정까지 국제사회에서의 지속적인 규제와 압력은 온실가스감축이 더 이상 선택의 문제가 아니라는 것을 일깨워주고 있다.

온실가스 배출량 세계 9위(2007년기준)¹⁾인 우리나라의 경우도 2008년 신 국가비전으로서 '저탄소 녹색성장'을 발표하고, 녹색성장위원회를 발족하여 각 분야에서의 탄소배출량감축을 계획²⁾하고 있다. 여기에는 2020년까지 온실가스 배출 전망치(BAU) 대비 국가 온실가스 배출량의 30%를 감축하는 것을 목표로 자동차 연비 및 자동차 온실가스관리, 녹색기술 연구개발 투자 두 배 이상 확대, 그린 홈 백만 호 프로젝트 추진 등 각 분야의 공동의 노력을 요구하고 있다. 특히, 전체 에너지소비의 약 25%³⁾를 차지하고 있는 건물 분야는 생활수준의 향상과 건축물의 수요증대 및 에너지절약정책의 미흡으로 인해 에너지 소비량이 지속적으로 증가하고 있는 실정이어서 건축물의 에너지 절약은 저탄소 녹색성장을 위한 최우선과제라고 할 수 있다.

건물 분야 중 가정에서 사용되는 에너지는 약 54%로, 효과적인 에너지 절약을 위해서는 주거용 건물의 상당부분을 차지하는 공동주택의 에너지 절약

1) IEA, World Energy outlook 2009, 2009

2) 저탄소녹색성장법시행령, 2010.04

3) 에너지경제연구원, 에너지통계연보, 2009

이 필수적이라 할 수 있다. 현재 국내에서는 건물의 부위별 에너지 성능을 규정함으로써 쉽게 에너지 성능을 파악할 수 있는 에너지성능지표(EPI, Energy Performance Index)와 공동주택 단지의 에너지 절감율을 산출하고 이에 따라 등급을 인증하는 건물에너지효율등급인증제도 등을 실시하고 있으며, 이를 통하여 공동주택에서의 에너지 절약을 유도하고 있다.

에너지성능지표(EPI)는 복잡한 계산이나 컴퓨터의 사용이 필요 없이 건물의 성능을 파악할 수 있는 장점이 있으며, 에너지효율등급인증제도는 건물에서 사용되는 에너지에 대한 정확한 정보를 제공한다는 장점이 있다. 그러나 건물의 에너지성능을 결정하는 건축설계자가 현 성능평가제도를 이용하여 에너지절약설계를 하는데 있어서 몇 가지 한계점이 있다. 효과적인 에너지 절약을 위해서는 에너지성능을 최소화할 수 있는 건축계획요소들이 설계초기단계에서부터 정량적인 평가를 바탕으로 선택 및 통합 되어야하지만 에너지성능지표(EPI)의 경우 평가항목의 미흡과 가중치의 불합리성 등으로 인해 건물의 정확한 에너지 성능을 파악하기란 어렵다. 건물에너지효율등급인증제도의 경우 성능구현을 위해서는 정밀 에너지 해석 프로그램을 활용한 에너지 소비 예측이 필요하지만, 정작 건물의 에너지 성능을 결정하는 건축 설계자가 에너지해석 프로그램을 이해하고 실행한다는 것은 현실적으로 불가능한 일일 뿐더러, 건물의 에너지 성능 평가는 건물에 대한 상세한 정보를 요구하므로 설계초기단계에 여러 가지 설계 대안에 대한 성능검토는 이루어지고 있지 못하고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 설계초기단계에서 공동주택의 성능을 예측하여 설계안의 성능을 검토할 수 있는 평가기법의 개발이 필요하다. 개발된 평가기법은 무엇보다도 설계초기단계에서 에너지성능을 검토하기 때문에 설계자가 설계가 완료된 시점에서 목표한 에너지성능에 미치지 못해 다시 처음부터 설계를 실시하는 과오를 줄일 수 있으며, 여러 가지 설계 대안에 대하여 보다 효율적으로 에너지성능을 비교분석 함으로써 의사결정 수단으로 활용할 수 있어야 한다.

따라서, 본 연구는 공동주택을 대상으로 설계초기단계에 건축설계자가 건물의 에너지성능평가에 대한 전문적 지식이 없이도 설계안의 에너지 성능을 쉽게 확인함으로써, 다양한 설계 대안에 대한 의사결정수단으로 활용할 수 있는 에너지 성능 평가 방안을 제시하는 것을 목적으로 하고 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 설계초기단계에 공동주택의 에너지 성능평가를 위해, 문헌 및 사례조사를 실시하여 공동주택의 에너지 성능에 영향을 미치는 건축계획요소 및 성능범위를 도출하였다. 도출된 건축계획요소에 대해 민감도 분석을 실시하여 건축계획요소의 에너지 성능에 대한 영향력을 파악하고, 주요 건축계획요소를 통한 공동주택의 에너지 성능을 예측할 수 있는 부하예측방정식을 제시하였다.

본 연구의 범위와 방법을 요약하면 다음과 같다.

(1) 국내외 친환경 인증제도의 에너지 성능평가 방법의 조사 및 분석

공동주택의 에너지 성능평가 방법을 제안하기 위해 미국의 LEED for Homes, 영국의 BREEAM-CSH, 호주의 Green Star와 국내 친환경건축물 인증제도 등 국내외 친환경건축물 인증제도의 에너지 성능 평가방법 및 평가항목을 조사하였다. 인증제도의 비교분석을 통하여 문제점을 파악하고, 설계초기단계에서의 개별성능기준을 통한 정량적 에너지성능파악의 필요성을 제시하였다.

(2) 공동주택의 에너지영향요소 및 성능범위 도출

공동주택의 개별성능기준에 의한 정량적 성능평가를 위해 문헌조사를 통해 공동주택의 에너지 성능에 영향을 미치는 주요건축계획요소를 도출하였으며, 국내외 에너지절약주택 사례를 통해 적용된 건축계획요소 및 성능범위를 조사 분석하였다. 분석된 건축계획요소 및 성능범위를 토대로 설계변수를 선정하였다.

(3) 건축계획요소의 에너지 성능 평가

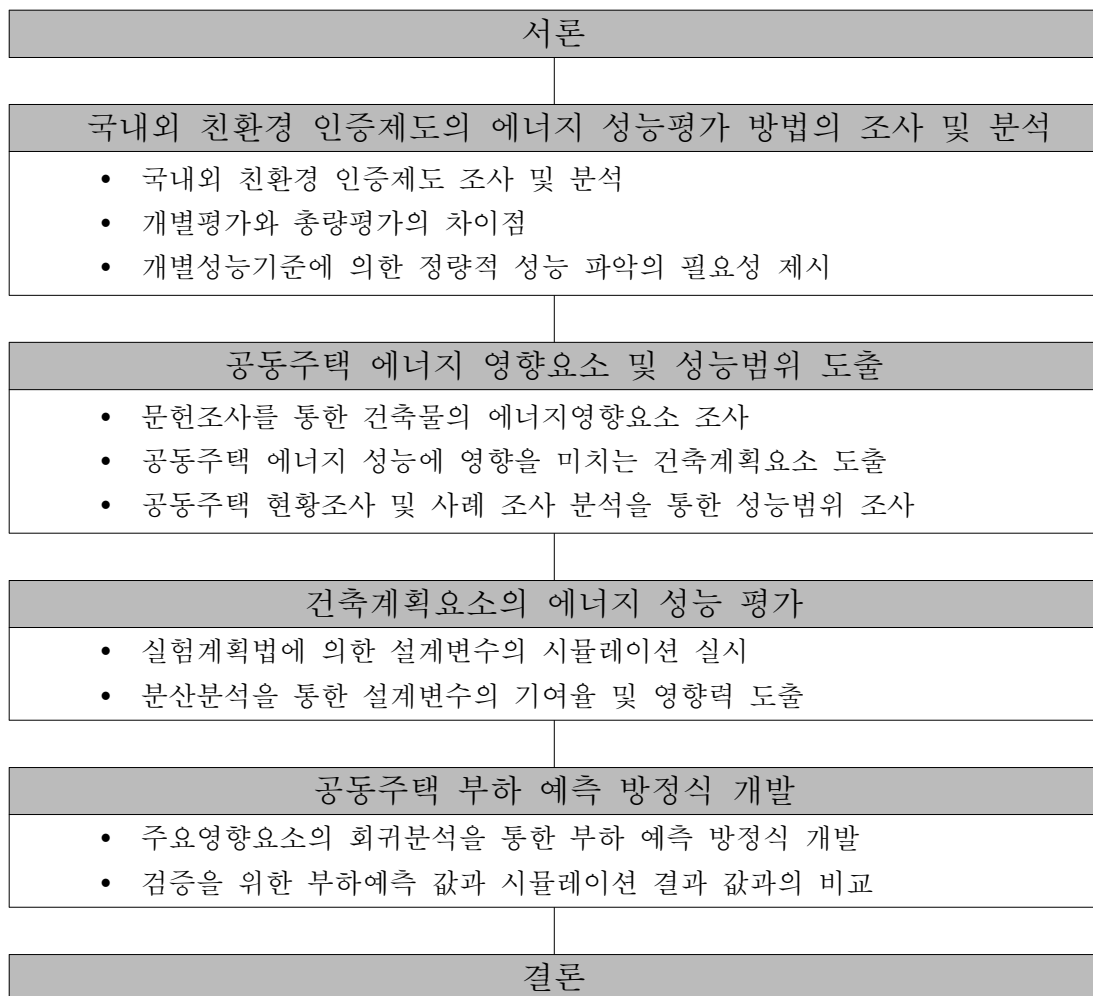
부하 예측 방정식 개발에 앞서, 선정된 설계변수들이 에너지 성능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험계획법에 의한 시뮬레이션을 실시하고, 통계적 기

법인 분산분석을 이용해 유의한 변수를 파악하였다. 분산분석 결과 값을 바탕으로 설계변수들이 건물의 연간 냉·난방부하에 미치는 기여율 및 영향력을 분석하고, 이를 바탕으로 설계변수 평가표를 작성하였다.

(4) 공동주택의 부하 예측 방정식 개발

시뮬레이션 결과 값에 대한 다중 회귀 분석을 실시하여, 건물의 냉·난방 부하를 쉽고 정확하게 계산할 수 있는 부하 예측 방정식을 개발하였다. 또한 부하 예측 방정식의 검증을 위해 시뮬레이션 결과 값과 부하 예측 방정식에 의한 예측 값을 비교하였다.

본 연구의 흐름은 다음 (그림 1.1)과 같다.



(그림 1.2) 연구 흐름도

제 2 장 공동주택의 에너지 성능 평가제도

2.1 국내 공동주택 에너지 절약 기준 및 인증제도

최근 건축물의 에너지 절약에 대한 중요성이 대두되면서 다양한 관련 기준 및 친환경 인증제도가 개정 또는 시행되고 있다. 하지만 일부 인증제도의 의무시행으로 인해 법적기준과 인증제도의 경계가 모호하고 인증제도의 경우 유사한 성격의 제도가 난립되어 있어 평가의 목적 및 방법에 대해 혼란을 가중시키고 있다. 따라서, 본 절에서는 국내 공동주택 에너지 절약 관련 기준 및 인증제도를 분석하여 국내 공동주택 에너지 성능기준과 평가 방법을 파악하고자 한다.

2.1.1 국내 공동주택 에너지절약 관련 기준

(1) 건축물 에너지절약 설계기준(건축법)

건축물 에너지절약 설계기준은 건축법 66조 및 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」의 규정에 의한 건축물의 효율적인 에너지 관리를 위하여 열손실 방지 등 에너지절약 설계에 관한 기준, 에너지절약계획서 작성기준 및 에너지절약 성능 등에 따른 건축기준 완화에 관한 사항을 정하고 있다. 이는 공동주택을 비롯한 3,000㎡이상 업무시설 등에 적용되는 기준으로써 국토해양부에서 시행하고 에너지관리공단에서 검토하고 있다.

에너지절약 관련 기준은 크게 건축부문, 기계설비부문, 전기설비부문, 신재생에너지설비부문에 대해서 설계기준을 제시하고 있으며, 이는 의무사항과 권장사항으로 나뉘어져 있다. 건축부문 의무사항으로는 주로 구조체의 단열 성능증진과 기밀 및 결로방지 등 열손실 방지를 위한 조치사항 등을 다루고 있다. 또한 에너지절약계획서 작성을 의무화하고 있으며, 이를 위해서는 에너지 절약설계기준 의무사항 및 에너지성능지표 검토서의 평점 합계 60점 이

상을 요구하고 있다. 여기서 에너지성능지표(EPI, Energy Performance Index)란 가장 에너지 절약적으로 설계된 최상의 성능을 갖는 건물의 에너지 소비량을 100이란 지표로 설정하고, 이를 기준으로 각 건물의 에너지 성능을 규정함으로써 누구나 쉽게 건물의 에너지 성능을 파악할 수 있도록 한 것이다. 에너지성능지표(EPI)의 가장 큰 장점은 바로 심의과정 혹은 허가과정에서 복잡한 계산이나 컴퓨터의 사용이 전혀 필요 없게 된다는 사용의 간편성에 있다. 그러나 에너지성능지표는 건물의 에너지원단위나 에너지 사용량에 근거하여 에너지절약에 대한 상대적 지표이기 때문에 건축설계와 관련해서는 유용하게 이용할 수 있으나 실제 건물의 운용과정에서의 에너지절약에 대한 총량기준으로 사용하는 데는 한계가 있다.⁴⁾



(그림 2.1) 에너지성능지표검토서의 구성

<표 2.1> 에너지 성능지표 검토서 예시(건축부문)

항목		주택1	주택2
건축 부 문	1. 외벽의 열관류율	28	25
	2. 지붕의 평균 열관류율	6	6
	3. 최하층 거실바닥의 평균 열관류율	5	5
	4. 외단열 공법의 채택	6	6
	5. 기밀성 창호의 설치	6	6
	6. 주된 거실에 개폐 가능한 외기에 면한 창호의 설치	1	1
	7. 유리창에 야간단열장치를 설치	1	1
	8. 냉방부하 저감을 위한 차양장치 설치	2	2
	9. 옥상조경 적용	1	1
	10. 외기에 면한 주동 출입구에 방풍실을 설치하거나 방풍구조로 함	1	1
	11. 공동주택 각 세대의 현관에 방풍실 설치	1	1
	12. 대향동의 높이에 대한 인동간격비	1	1

* 주택1-난방(개별난방, 중앙집중식 난방, 지역난방)이 적용된 공동주택

* 주택2-주택 1에 중앙집중식 냉방이 적용된 공동주택

4) 한국에너지정보센터, 에너지총설, 2003

(2) 친환경주택 건설기준 및 성능(주택법)

친환경 주택의 건설기준 및 성능 고시는 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제64조 제3항에 따라 친환경 주택의 성능 및 건설기준에 관하여 위임된 사항과 그 시행에 필요한 사항을 정하고 있다. 기후변화 대응 및 저탄소 녹색 성장을 위해 2009년 10월에 제정되었으며, ‘국가 온실가스 감축목표 설정방안’에 따라 2025년 제로에너지주택 공급을 목표로 단계적으로 에너지 의무절감률을 상향조정하고 있다. 이는 주택건설사업계획의 승인을 얻어 건설하는 20세대 이상의 모든 공동주택에 대하여 적용되며 전용면적이 60제곱미터 초과 또는 60제곱미터 이하인 주택 2가지의 경우로 나누어 난방, 급탕, 전력 에너지를 합한 총 에너지사용량의 절감률로 평가하고 있다.

본 고시에는 에너지 사용량에 대한 평가 방법을 제시하고 있으며, 부위별(측벽, 외벽, 창호, 현관문, 지붕, 바닥) 면적과 열관류율을 통해 평가기준주택 및 신청주택의 난방부하를 예측하고, 마찬가지로 면적에 따른 급탕, 전력 사용량에 신재생에너지 사용에 따른 부하절감량을 계산하여 평가기준주택 대비 신청주택의 총 저감율을 평가한다. 또한 탄소배출계수가 포함된 별도의 계산식을 통해 이산화탄소 저감율도 평가 가능하다. 최근 개정된 관련 내용은 다음 <표 2.2>와 같다.

<표 2.2> 친환경주택 건설기준(2010년 6월 개정)

구분	60㎡이하	60㎡초과
성능기준	에너지사용량 또는 이산화탄소배출량 15%절감	에너지사용량 또는 이산화탄소배출량 20%절감
타제도와와의 관계	건물에너지효율등급 2등급 및 의무조항 이행시 대체	건물에너지효율등급 1등급 및 의무조항 이행시 대체
의무조항 (공통사항)	1. 창호 기밀성능(기밀성 시험 2등급 이상)	
	2. 고효율 기자재 사용	
	3. 대기전력자동차단장치의 설치	
	4. 일괄소등스위치의 설치	
	5. 고효율 조명기기 사용	
	6. 공용화장실 조명자동점멸 스위치 설치	
	7. 실별 온도조절장치 설치	
	8. 절수설비의 설치	

2.1.2 친환경건축물인증제도

(1) 개요

환경오염 및 에너지 소비를 줄일 수 있는 친환경건축물을 촉진하기 위해 2002년 1월 1일부터 공동주택을 대상으로 친환경건축물인증제도가 시행되었고, 여러 차례 개정을 통하여 현재 인증대상이 모든 신축건축물로 확대되었다. 친환경건축물인증제도는 자발적 성격을 가진 제도이나 최근 개정을 통해서 공공건축물(1만제곱미터 이상)에 대해서는 인증평가를 받는다.

인증제도의 평가부문은 4개의 전문분야와 거기에 따른 9개의 세부분야로 나뉘어 평가하며, 총점에 따라 4가지 인증등급(최우수, 우수, 우량, 일반)을 받게 된다. 인증제도의 평가부문 및 배점 비율은 다음 <표2.3>와 같다.

<표 2.3> 친환경건축물인증제도 평가부문 및 배점

전문분야(4)	심사분야(9)	평가항목	가산항목	Weighting factor (%points contribution)
토지이용 및 교통	토지이용	15	7	16.2%
	교통	6	2	5.9%
에너지 · 자원관리 및 환경부하	에너지	12	3	11.0%
	재료 및 자원	14	9	16.9%
	수자원	9	4	9.6%
	환경오염	3	—	2.2%
	유지관리	6	1	5.1%
생태환경	생태환경	17	1	13.2%
실내환경	실내환경	18	9	19.9%
Total		100	36	100.0%

(2) 에너지 부문평가

전체평가에서 에너지 부문의 배점은 평가항목 12점, 가산항목 3점 총 15점으로 전체획득가능 점수의 11.0%를 차지하며 환경오염 부문의 이산화탄소 배출 저감평가항목 역시 난방방식 및 열원에 대해 평가하고 있으므로 환경오염부문 배점 3점까지 총 에너지관련 획득가능 점수는 18점으로 볼 수 있다.

에너지 부문의 평가는 평가항목을 구체적으로 나누지 않으며, EPI를 사용한 총점만을 반영할 수 있게 되어 있다. EPI 점수 환산식은 아래와 같으며,

최고 12점을 획득할 수 있으며 대체에너지 설비유무 및 부하담당 비율에 따라 최고 3점의 가산점을 얻을 수 있다.

■ 에너지소비량 평가점수 Y =

$$12 \times (\text{에너지성능지표검토서의 평점 합계} - 60) \div 25$$

※ 평가 점수가 12점을 초과할 경우, 최고 평가점수인 12점으로 함

이때 EPI점수는 에너지소비량과 비례관계가 있으므로 EPI 점수에 의거 평가점수를 부여하며 정부의 건축물에 대한 중장기적 에너지효율화 2단계 목표치인 '현행 에너지소비량 대비 30% 절감'을 목표로 EPI 점수 85점일 때 최고 평가점수를 받도록 하였다. EPI점수에 따른 에너지 소비비율은 아래 <표 2.4>와 같다.

<표 2.4> EPI 점수에 따른 에너지 소비비율(취사, 가전제품에 의한 소비량 제외)

EPI 점수	60점	70점	80점	90점	100점
에너지소비량 비율(%)	100	88.8	77.5	66.3	55

또한 환경오염부문에서 이산화탄소배출량 평가는 설계 및 운영단계에서의 이산화탄소 배출량 절감을 위해 적용된 기술 및 사용 에너지원별 이산화탄소 배출량을 평가하여 배점을 부여한다. 에너지 사용량을 줄이는 자체가 이산화탄소 배출 저감에 가장 크게 기여한다고 평가할 수 있으나 이는 에너지소비량 평가와 중복되기 때문에 사용 에너지 및 설비를 중심으로 평가하고 있으며 산출기준은 다음과 같다.

<표 2.5> 이산화탄소 배출 저감 산출기준

이산화탄소 배출 저감	평점
1) 이산화탄소배출저감시설(최대난방부하 또는 최대냉방부하의 20% 이상 적용 여부)	3.0
2) 지역난방방식 건물	2.0
3) 기타 건물 : $(23.23(b) \div \text{이산화탄소배출량}(c)) \times 2$	

(a) 이산화탄소 배출을 저감시킬 수 있는 시스템

－ 열병합발전의 배열을 이용한 난방시스템

(b) LNG연료 사용 및 EPI 100점 취득시 이산화탄소 배출량 (kg/m²yr)

(c) EPI점수에 의한 에너지소비량 산정값 $(-1.8 \times \text{EPI점수} + 268) \times \text{이산화탄소배출계수}$

2.1.3 친환경건축물인증제도 관련 유사제도

현재 우리나라의 공동주택 성능을 평가하는 인증제도는 앞서 설명한 친환경건축물인증제도를 비롯하여 표준주택에 대한 난방에너지 절감율을 평가하는 건물에너지효율등급인증제도, 소음·구조·환경·생활환경·화재소방 5개 분야의 주택의 주요성능을 등급화하여 공표하는 주택성능등급표시제도, 건축계획 및 환경·기계설비·전기설비·정보통신·시스템통합·시설경영관리의 6개 전문분야별로 평가하는 지능형건축물인증제도, 초고속 정보통신 설비의 설치를 촉진하기 위한 초고속정보통신건물인증제도가 있다⁵⁾. 본 연구에서는 이 가운데 공동주택의 에너지성능을 평가하고 법적으로 의무인증의 성격을 가지는 다음의 2가지 인증제도의 에너지평가 부분 대해서 분석하였다.

(1) 건물에너지효율등급인증제도

건물에너지효율등급인증제도는 건물 부문에서의 합리적인 에너지절약을 위해 건물에서 사용되는 에너지에 대한 정확한 정보를 제공하여 에너지절약에 인식을 제고함과 동시에 쾌적한 실내환경을 제공하기 위한 제도⁶⁾이다. 공동주택 및 업무용 건축물에 대해서 자발적인 성격을 가지나 최근 공공기관 에너지이용합리화 추진지침에 따라 공공기관에서 신축하는 공동주택 및 청사의 경우 건물에너지효율등급을 취득해야하며, 공동주택의 경우 2등급 이상의 인증을 의무적으로 취득하여야 한다.

건물에너지효율등급인증제도는 정상상태의 열부하해석방법인 가변난방도일법에 기초하며, 신청주택의 난방 에너지 절감율로 건물의 에너지성능을 평가한다. 먼저 신청주택 및 표준주택의 단위세대 난방에너지 소요량을 계산하고, 여기에 가산항목에 해당하는 절감율을 더하여 단위세대 에너지 절감율을 산출한다. 이를 바탕으로 단위공동주택 및 신청주택의 에너지 절감율을 산출하여 이로써 건물의 에너지성능을 평가한다. 건물에너지효율등급인증제도의 인

5) 김명선 외 4명, 주택성능등급과 친환경건축물인증의 평가방법 비교를 통한 개선안 연구, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, 2009

6) 에너지관리공단 홈페이지, <http://www.kemco.or.kr>

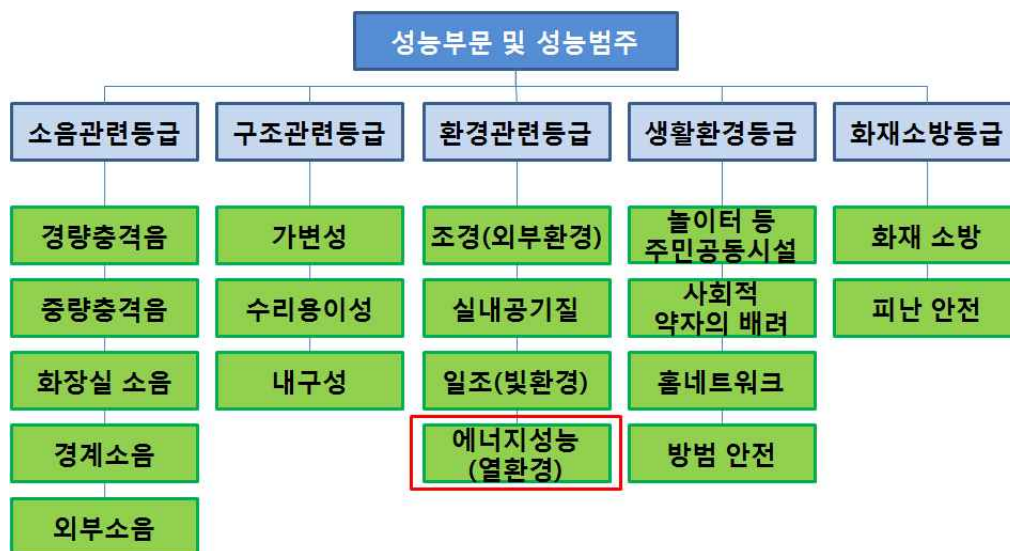
증등급은 다음 <표2.6>과 같이 5개의 등급으로 구분되며, 이는 표준주택 대비 에너지 절감율로 평가된다.

<표 2.6> 건물 에너지 효율등급 인증제도의 등급설정기준

등급	절감률
1	40% 이상
2	30% 이상 40 % 미만
3	20% 이상 30 % 미만
4	10% 이상 20 % 미만
5	0% 이상 10 % 미만

(2) 주택성능등급표시제도

주택성능등급표시제도는 주택의 주요성능을 등급화하여 공표함으로써 소비자에게 정확한 정보를 제공하고 주택의 품질향상을 유도하기 위해 2006년 1월 9일부터 시행되고 있다. 1000가구이상(에너지성능등급은 300세대이상)의 주택을 건설·공급하는 경우는 주택성능등급 의무표시 대상이며 소음, 구조, 환경, 생활환경, 화재소방 등 5개 부문 18개 범주에 대해서 평가가 이루어지며 인증등급은 1등급~4등급으로 인정받게 된다.



(그림 2.2) 주택성능등급표시제도 성능부문

에너지 부분 성능평가는 환경관련등급 중 에너지성능(열환경)범주에서 다루며 성능 등급의 표시 지표는 에너지절약계획서의 에너지성능지표검토서의 평점에서 산출된 점수 또는 건물에너지효율등급 인증서를 통해 평가가 되며, 성능 등급별 기준은 다음 (표 2.7)과 같다.

<표 2.7> 주택성능등급제도 에너지성능등급별 등급기준

등급	등급기준
★★★★	에너지성능지표검토서 평점합계의 평균이 90점 이상이거나 건축물에너지 효율등급 1등급 예비인증을 취득한 경우
★★★	에너지성능지표검토서 평점합계의 평균이 80점이상~90점미만이거나 건축물에너지 효율등급 2등급 예비인증을 취득한 경우
★★	에너지성능지표검토서 평점합계의 평균이 70점이상~80점미만이거나 건축물에너지 효율등급 3등급 예비인증을 취득한 경우
★	에너지성능지표검토서 평점합계의 평균이 60점이상~70점미만인 경우

2.2 국외 친환경 인증제도

2.2.1 LEED for Homes

(1) 개요

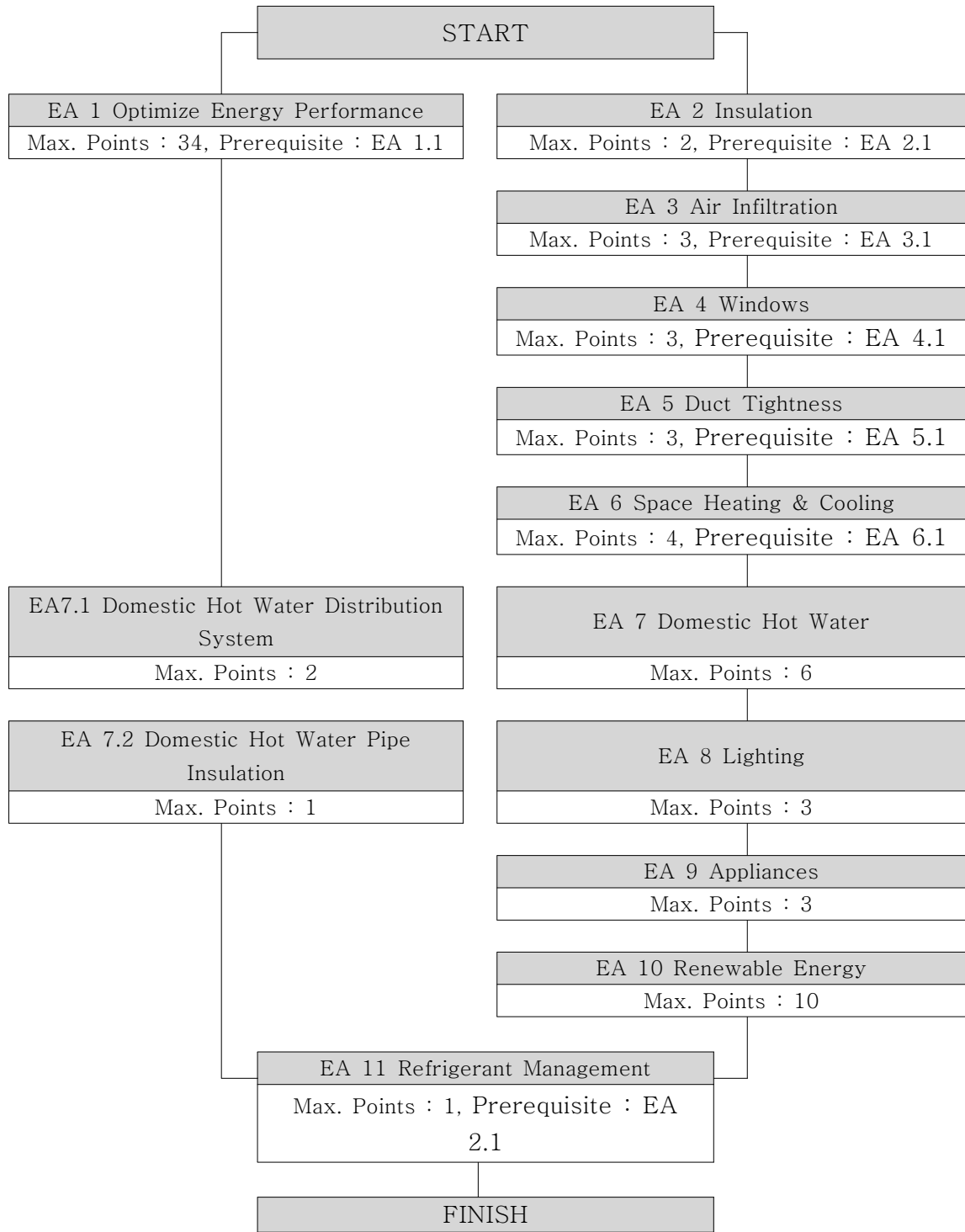
LEED for Homes은 미국의 USGBC(U.S Green Building Council)에 의해 개발된 평가시스템으로서 에너지 사용의 저감과 효율적인 자원 사용을 추구하고, 비용이 적게 들며 지속가능하고 거주자의 건강을 위해 디자인된 주택을 인증하는 도구이다. 이 평가시스템은 단독주택이나 다세대 주택에 적용될 수 있으며, market-rate와 주택에 적용가능하다. LEED for Homes의 평가시스템은 8개 항목을 통해 평가를 실시하며 평가항목 및 배점은 다음 <표 2.8>와 같다.

<표 2.8> LEED for Homes 평가부문 및 배점

Credit category	Prerequisites (mandatory) measures	Minimum point requirement	Maximum points available
Innovation & Design Process(ID)	3	0	11(8.1%)
Location & Linkages(LL)	0	0	10(7.4%)
Sustainable Sites(SS)	2	5	22(16.2%)
Water Efficiency(WE)	0	3	15(11%)
Energy & Atmosphere(EA)	2	0	38(27.9%)
Material & Resources(MR)	3	2	16(11.8%)
Indoor Environmental Quality(EQ)	7	6	21(15.4%)
Awareness & Education(AE)	1	0	3(2.2%)
Total	18	16	136

(2) 에너지부문 평가

에너지 및 CO₂에 관한 평가 카테고리인 Energy & Atmosphere (EA)는 (그림 2.3)과 같이 두 가지 경로로 평가할 수 있다. 첫 번째 경로의 경우 HERS 평가 tool을 이용한 총량평가방식(Performance Path)이며, 두 번째 경로는 각 항목별 Checklist를 통한 개별평가방식(Prescriptive Path)이다. 사용자는 한 가지 평가방법을 선택할 수 있으며 어떠한 경로의 평가방법을 선택하든지 에너지부분에서 획득할 수 있는 최대점수는 38점으로 같다.



(그림 2.3) Energy & Atmosphere(EA) 평가 경로

총량평가(Performance Path)의 개념을 사용하는 첫 번째 경로를 채택할 경우 EA 1에서는 필수항목인 ‘Performance ENERGY STAR for Homes’를 요구하며 이는 제3자의 검증을 포함하여 ENERGY STAR의 주

거부분 요구 성능에 맞추는 것을 의미한다. 그 이후 인증항목은 ‘Exceptional Energy Performance’ 로 최대 점수 34점이 부여된다. 평가 방법은 미국 건물 에너지 표준 지침(HERS)과 관련된 (식 2.1)과 (식 2.2)를 활용하여 LEED 점수를 산출한다.

South

$$\text{LEED Pts} = \{[\text{Log}(100 - \text{HERS Index})] / 0.024\} - 48.3 \quad (\text{식 } 2.1)$$

North

$$\text{LEED Pts} = \{[\text{Log}(100 - \text{HERS Index})] / 0.021\} - 60.8 \quad (\text{식 } 2.2)$$

여기서 HERS Index란 미국의 주거건축물의 에너지성능을 평가하는 인증 제도인 HERS(Home Energy Rating System)에서 건물의 에너지성능을 평가하기 위해 사용하는 지표이다. HERS Index 0은 에너지 소비가 없는 상태를 뜻하며, HERS Index 수치 1 증가는 에너지 소비량 1% 증가를 의미한다. 또한 HERS Index 수치 100에 해당하는 주택을 표준주택이라 한다. HERS에서는 공인된 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 표준주택의 냉난방, 급탕 관련 표준 수정 부하량 및 에너지소요량, 신청주택의 냉난방, 급탕에너지 소요량을 계산하고, 이로써 신청주택의 냉난방, 급탕 부하량을 산출한다. 산출된 부하량으로 HERS Index값을 구하고, 이 값으로 건물의 에너지성능을 평가한다.

한편 개별평가(Prescriptive Path)의 개념을 사용하는 두 번째 경로를 채택한 경우, EA 2~6, EA 7.3과 EA 8~10의 평가를 거쳐야 하며, 다음의 평가항목에는 단열 및 공기기밀 및 창, 냉난방시스템, 급탕, 조명 가전기구, 재생에너지 항목을 포함하고 있다. 각 기준에 배점된 점수를 합친 값으로 평가하는 총량적 개념을 가진다고 할 수 있지만 각 항목에는 반드시 지켜야 하는 최소기준을 제시하고 있고, 평가 Flow를 따라 평가해야 하기 때문에 원치 않는 항목을 뺄 수 없으므로 Prescriptive Path 형식을 띄고 있다.

2.2.2 BREEAM-CSH(The Code for Sustainable Home)

(1) 개요

The Code for Sustainable Homes(이하 CSH)는 2007년 4월 영국에서 소개되었으며, 주택산업에 있어서 높은 환경적 표준에 의해서 주택이 설계되고 건설 될 수 있도록 한 새로운 평가지표로서 총체적인 지속가능성을 향상시키기 위해 고안된 의무적 기준이다. CSH는 <표 2.9>과 같이 크게 9개의 디자인 항목으로 분류되며, 34개의 세부항목으로 구성되어 있다.

<표 2.9> 평가부문 및 배점과 가중비율

Categories of Environmental Impact	Total Credits in each Category	Approximate weighted value of each credit	Weighting factor (% points contribution)
Energy and CO ₂ Emissions	29	1.26	36.4%
Water	6	1.50	9.0%
Materials	24	0.30	7.2%
Surface Water Run-off	4	0.55	2.2%
Waste	7	0.91	6.4%
Pollution	4	0.70	2.8%
Health and Wellbeing	12	1.17	14.0%
Management	9	1.11	10.0%
Ecology	9	1.33	12.0%
Total	104	—	100.0%

(2) 에너지부문 평가

BREEAM-CSH에서 에너지 및 CO₂ 와 관련된 카테고리는 Energy and CO₂ Emission으로 건물의 CO₂ 배출성능으로 평가한다. 이 항목은 총 9개의 세부항목, 총점 29점이며 여기에 백분율로 환산하기 위한 항목별 가중치 1.26이 적용되어 전체의 36.4%의 비중을 가진다.

평가항목 중 의무항목으로 주거의 운영과 서비스로부터 일어나는 CO₂ 의 배출량 제한을 위해서 설정된 항목으로서 Dwelling Emission Rate(DER)⁷⁾, Target Emission Rate(TER)⁸⁾의 퍼센티지 향상으로 점수를 준다.

7) DER, 실제 주거를 위한 난방, 급탕, 조명에 대한 에너지 사용으로부터 일어나는 일 년에 m²당 kg의 이산화탄소 배출량

8) TER, 빌딩규제에 의해 허용되는 최대 배출량

<표 2.10> Dwelling Emission Rate의 평가 기준

Percentage improvement of DER over TER	Credits	Mandatory levels
≥ 10%	1	Level 1
≥ 18%	3	Level 2
≥ 25%	5	Level 3
≥ 44%	8	Level 4
≥ 100%	14	Level 5
'Zero Carbon Home'	15	Level 6

이때 DER, TER과 같은 에너지 성능평가는 SAP 2005를 통하여 평가하고 있으며, 이는 미국의 HERS와 같이 건물 에너지성능을 평가하는 기준을 제공하며 <표 2.11>와 같이 총 4가지의 건물 에너지성능 평가지표를 제공한다. 이들은 각각 에너지소비량을 바탕으로 건물의 온실가스배출량 또는 에너지비용 등에 대한 상관관계를 나타내는 특징을 가지고 있다.⁹⁾

<표 2.11> SAP 2005 건물 에너지성능 평가지표

평가지표	평가내용
SAP rating	신청주택의 에너지비용 평가지표
EI rating(Environment Impact)	건물 환경 성능지표
DER(Dwelling CO ₂ Emission Rate)	신청주택의 CO ₂ 배출율
TER(Target CO ₂ Emission Rate)	표준주택의 CO ₂ 배출율

SAP 2005는 에너지소비량으로 건물의 에너지성능을 평가하는 것이 아니라, 에너지소비량을 바탕으로 건물이 소비하는 에너지비용 또는 배출하는 CO₂량을 산출하고 이로써 건물의 에너지성능을 평가한다. 이때 가변난방도 일법에 기초하여 건물의 에너지성능을 평가하며 건물 에너지성능을 나타내는 지표는 표준주택을 설정하고 신청주택과의 비교를 통해 평가한다. 따라서 표준주택의 설정은 건물 에너지성능을 평가하는데 있어 상당히 중요한 의미를 가진다. 한편 의무평가항목 외의 추가로 점수를 획득할 수 있는 평가항목으로는 외피의 단열성능, 고효율조명기기사용, 건조실 설치, 고효율기기사용, 재생에너지 사용, 자전거보관소 설치, 홈오피스 유무 등이 있다.

9) 송승영 외 1인, 건물에너지효율등급인증제도 개선방향에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2007.10

2.2.3 Green Star - Multi Unit Residential

(1) 개요

Green Star는 호주의 GBCA(Green Building Council of Australia)에 의해 개발된 시스템으로 건물의 환경적인 디자인과 수행을 평가하기 위하여 개발되었으며, 에너지와 물의 효율성, 실내환경의 질을 높이며 자원절약을 포함하는 평가기준을 기반으로 한다. Green Star에서는 크게 9개 부문으로 분류되어 평가하며, Innovation을 제외한 나머지 8개 부문에 대해서는 가중치 평가항목이며 가중치가 곱해진 점수에 Innovation획득점수를 더해 총점이 평가되어진다. 평가항목 및 배점은 다음 <표 2.12>과 같다.

<표 2.12> 평가부문 및 배점과 가중비율

Categories of Environmental Impact	Point Available	Approximate weighted value of each credit	Weighting factor (% points contribution)
Management	18	0.44	8%
Indoor Environment Quality	20	1	20%
Energy	26	0.96	25%
Transport	14	0.71	10%
Water	12	1.25	15%
Materials	31	0.32	10%
Land Use & Ecology	11	0.64	7%
Emissions	15	0.33	5%
Sub-Total	147	—	100.0%
Innovation	5	—	—

(2) 에너지부문 평가

에너지 평가 부문은 Energy(En)이며 총 4가지의 세부평가항목으로 나뉘어 있으며, 에너지 부분에서 총 획득할 수 있는 점수는 26이며 전체 범주 중 에너지부분이 가지는 가중비율은 25%이기 때문에 획득점수에 가중치 0.96이 곱해져 계산되어진다.

에너지 성능평가 항목 중 온실 가스 방출과 관련된 에너지 소비를 최소화하는 디자인을 장려하고 승인하기 위한 Greenhouse Gas Emission항목은

가장 큰 배점의 비율을 차지한다. 이 항목은 표준모델대비 예측되는 온실가스 방출저감 비율에 따라 점수를 획득할 수 있으며 100% 저감 시 최대 20점을 획득할 수 있다.

<표 2.13> 온실가스배출 저감비율에 따른 획득가능점수

Greenhouse Gas Emissions (%)	Points Awarded	Greenhouse Gas Emissions (%)	Points Awarded
5	1	55	11
10	2	60	12
15	3	65	13
20	4	70	14
25	5	75	15
30	6	80	16
35	7	85	17
40	8	90	18
45	9	95	19
50	10	100	20

온실가스 방출량은 Green Star의 GHG Emission Calculator에 의하여 계산 되어져야 한다. GHG Emission Calculator에서는 표준모델과 신청주택의 온실가스 방출량을 계산하는 것을 목적으로 공동주택에서 사용되어지는 냉·난방, 조명, 급탕, 기기, 조리 5가지 부분에 따른 CO₂ 배출량을 평가한다. 신청주택의 경우 동적 열해석 프로그램을 사용하여 에너지사용량을 계산한 후 탄소배출계수 통해 온실가스 방출량을 구할 수 있으며 표준주택의 온실가스 방출량의 경우 공동주택의 면적, 기후, 재실인원 등 기본적인 건물 정보 입력 값에 따라 표준주택의 온실가스 배출량이 결정된다. GHG Emission Calculator에 계산되어진 표준주택 및 신청주택의 에너지사용량에 따라 절감율이 결정되며 결정된 절감율에 따라 점수를 획득한다.

이러한 총량적인 성능평가 이외에 점수를 획득 할 수 있는 세부항목으로는 재실자가 부재일 경우 효율적인 온도 및 조명 제어장치설치, 고효율 가전기기사용, 냉난방 시스템이 설치되지 않고 열 쾌적을 만족시켜 피크부하를 감소시키는 항목이 있다.

2.3 국내외 친환경 인증제도 비교분석

2.3.1 에너지 성능 평가방식

에너지성능을 평가하는 방법은 일반적으로 개별평가방법(Prescriptive path)과 총량평가방법(Performance path)으로 나뉜다. 개별평가방법은 건물을 구성하는 구성요소의 기준을 각각 제시하고, 그 구성요소가 모일 때 어느 정도의 성능에 이르게 하는 방법이다. 또한, 총량평가방법은 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 건물의 에너지소비량 및 CO₂ 배출량을 예측하는 것이며, 각 구성요소에 있어서는 제한이 없다. 다음 <표 2.14>는 국내외 친환경 인증제도의 에너지성능을 평가하는 방식을 분석한 표이다.

<표 2.14> 국내외 친환경 인증제도 에너지성능평가 방법

인증제도	에너지성능 평가 Index	시행국	평가방식	
			총량기준평가	개별기준평가
LEED	HERS	미국	한 가지 평가방법선택	
CSH	SAP2005	영국	■	□
Green Star	GHG Emission Calculator	호주	■	□
친환경인증제도	EPI	한국	-	■

(■ : 필수사항 □ ; 필수사항아님(추가점수))

LEED For Homes의 경우, 개별성능평가방식과 총량평가방식 2가지 모두 제시하고 있으며, 사용자로 하여금 한 가지 평가방법을 선택하여 평가하도록 하고 있다. 총량평가 방식의 경우, 건물 에너지 표준 지침(HERS)과 관련된 식을 활용하여 LEED 점수를 산출한다 CSH의 경우 의무평가항목으로 SAP 2005를 활용한 표준주택 대비 신청주택의 CO₂ 배출성능을 평가하며 이는 건물의 성능을 총량적으로 평가한다고 볼 수 있다. 또한 몇 가지의 개별적인 성능을 통해 추가적인 점수를 획득할 수 있다. 이러한 평가 방법은 Green Star에서도 적용되고 있다. 한편 우리나라의 경우는 에너지성능지수(EPI)를 사용하여 평가하고 있으며, 전체의 모습은 총량평가방식을 따르고 있지만 점수는 각 평가항목의 배점된 점수를 기초로 하고 있어서 개별평가방식의 비중이 크다고 할 수 있다.

2.3.2 에너지 성능평가항목

국내외 인증제도의 에너지 평가항목을 비교분석하기 위해서 각 인증제도의 평가항목을 건축적 평가인자로 분류하였다. 분류체계는 건물의 LifeCycle에 따라 구분하였고(#1), Life Cycle의 단계 별 항목(#2), 세부항목(#3)으로 설정하였다.

<표 2.15> 국내외 인증제도의 에너지평가 항목분석

분류체계			평가인자	평가항목	
#1	#2	#3		개별평가	총량평가
운영 단계 에너지	건물 부하	환기	침기량 최소화	EA.3 Air Infiltration[1] Ene 2 building fabric [2] 3.1.1 에너지소비량 (EPI) [4]	EA.1 Energy Performance[1]
			자연통풍	3.1.1 에너지소비량 (EPI) [4]	
		외피	창의 효율 최대화 U-Factor (north), SHGC (south)	EA.4 Windows[1] 3.1.1 에너지소비량 (EPI) [4]	
			바닥면적 대비 비율	EA.4 Windows[1]	
			단열성능의 향상	EA.2 Insulation[1] Ene 2 Building Fabric [2] 3.1.1 에너지소비량 (EPI) [4]	
			자연채광	3.1.1 에너지소비량 (EPI) [4]	
	시스템	열 전달	덕트와 배관의 열손실 최소화(냉난방)	EA.5 Heating and Cooling Distribution System[1] 3.1.1 에너지소비량 (EPI) [4]	Ene 1 Dwelling Emission Rate[2]
			파이프단열(급탕)	EA.7 Domestic Hot Water[1]	
			효율적 온수공급 시스템	EA.7 Domestic Hot Water[1] 3.1.1 에너지소비량 (EPI) [4]	
		기기 효율	고효율 조명기기사용	EA.8 Lighting[1] Ene 3 Internal Lighting[2] Ene 6 External Lighting[2]	Ene-1 Greenhouse Gas Emissions[3]
			고효율 전기기기사용	EA.9 Appliances[1] Ene 5 Energy Labelled White Goods[2] Ene-11 Energy Efficient Appliances[3]	
			냉난방 시스템의 효율증진	EA.6 Space Heating & Cooling Equipment[1] 3.1.1 에너지소비량 (EPI) [4]	
			세탁건조실 설치	Ene 4 Drying Space[2]	
		자동 제어	자동온도조절장치 설치	EA 6 Space Heating & Cooling Equipment[1] Ene-7 Unoccupied Areas[3]	
			조명자동제어 적용유무 및 제어장치 종류	EA.8 Lighting[1] Ene 6 external lighting[2] Ene-7 Unoccupied Areas[3]	
	열원	일반	열원의 종류	6.1.1 이산화탄소 배출 저감[4]	
		재생 E	재생에너지시스템 분담율/생산량	EA.10 Renewable Energy[1] Low or Zero Carbon(LZC) Technologies[2] 3.2.1 신재생에너지 및 재생에너지 이용[4]	

[1]LEED For Homes, [2]Code for Sustainable Home, [3]Green Star, [4]국내친환경건축물인증제도

4가지 인증제도의 에너지성능 평가항목 분석결과, 총량평가기준과 함께 개별평가기준을 제시하고 있는 LEED와 총량평가의 모습을 띄고 있지만 각 평가항목의 배점된 점수를 기초로 하고 있는 국내친환경건축물인증제도는 건축 설계부문, 설비시스템부문, 재생에너지부문에 대한 고른 항목평가가 이루어지고 있다. 총량평가를 기본으로 개별평가항목으로 가산점을 부여하는 영국의 Code for Sustainable Home과 Green Star는 대부분의 개별평가항목이 건축적 방법으로 조절할 수 없는 설비시스템부문에 포함된다.

공동주택의 정확한 성능을 평가하기 위해서는 CSH, Green Star와 같이 에너지 시뮬레이션에 의한 총량기준에 의한 평가가 타당하다고 볼 수 있지만 건축 설계자에서 주요한 에너지 항목에 대한 정보제공을 위해서는 LEED의 개별기준평가, 국내친환경건축물인증제도의 EPI항목에 의한 평가 또한 중요하다. 하지만 정확한 성능평가를 위해서 인증제도의 평가항목 및 배점설정기준에 대한 명확한 기준이 설정되어야 한다. 특히 건물의 에너지성능을 결정하는 건축설계단계에서의 평가항목의 대부분이 외피의 단열 성능에 관한 항목이어서 좀 더 세분화된 평가항목을 통한 평가가 필요하다.

2.4 소결

국내외 친환경 인증제도의 에너지 성능평가방법 분석결과, 평가방법을 선택할 수 있는 LEED for Homes를 제외한 모든 인증제도의 평가기준이 총량 평가방식을 채택하고 있음에도 불구하고 개별평가방식을 통하여 각 설계요소를 추가적으로 평가하고 있음을 파악할 수 있다. 이는 에너지 성능에 영향력이 큰 인자를 개별적으로 규제함으로써 설계자에게 에너지 성능에 영향을 미치는 주요한 디자인 요소에 대한 정보를 제공하고 효과적인 에너지성능증진을 위함인 것으로 판단된다. 하지만 이러한 평가방법은 건물의 에너지성능에 대한 중복적인 평가방법으로써 건물의 정량적인 에너지 성능을 파악하기 힘들다.

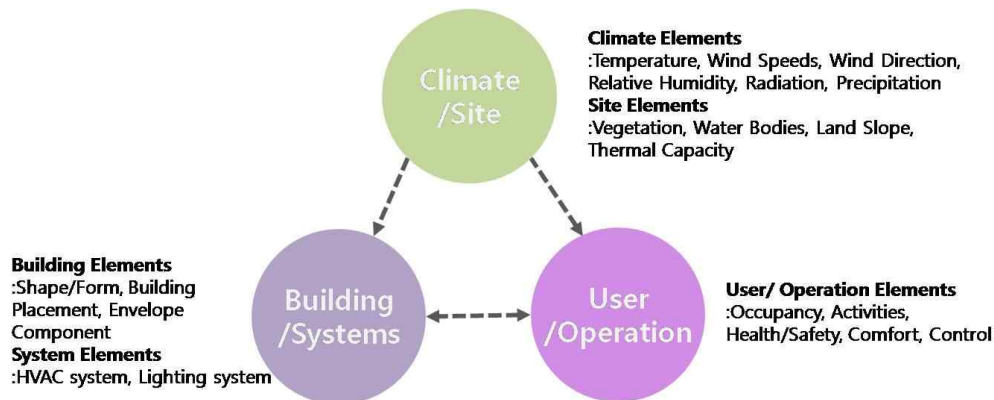
국내 친환경건축물인증제도의 경우, 기본적으로 국외의 인증제도에 비해 에너지의 배점비율이 적어 에너지/CO₂에 대한 중요성이 떨어지는 것으로 나타났다. 또한 에너지소비량 평가점수의 기본이 되는 에너지성능지표검토서의 경우 에너지절약에 대한 상대적 지표이기 때문에 에너지절약에 대한 총량 기준으로 사용하는 데는 한계가 있으며 항목 간 배점 역시 실제 공동주택 부하특성이 반영되고 있지 않는 것으로 나타나 배점기준 설정에도 신중한 고려가 필요 할 것으로 판단된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 정량적인 평가가 가능한 총량평가의 장점과 복잡한 계산이나 컴퓨터의 사용이 전혀 필요 없는 개별평가의 장점을 모두 갖춘 성능평가의 개발이 필요한 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 공동주택의 에너지 성능에 주요한 영향을 미치는 건축설계변수의 각각의 성능기준을 통해 공동주택의 부하를 예측하여, 설계초기단계에서의 공동주택 성능을 평가하는 방법을 제시하고자한다.

제 3 장 공동주택 에너지 영향 건축계획요소 및 성능범위

3.1 건축물 에너지 영향인자

건물의 에너지 소비에 영향을 미치는 에너지 요소는 크게 (1) 기후/대지 (Climate/Site), (2) 건물/시스템 (Building/System) (3) 거주자/운영방법 (User/Operation)으로 나눌 수 있고 아래 (그림 3.1)과 같다.



(그림 3.1) 건물의 에너지 요소

3.1.1 기후 및 대지

이러한 3가지 인자 중 가장 기본적인 것은 기후/대지 요소로, 건물이 위치하는 지역의 기후 특성을 파악하여 조절하는 것이라 할 수 있다. 대지의 식생 등을 통한 미세기후를 이용하는 것은 건축물의 전체적인 계획요소에 영향을 미치게 되며, 기류, 일조, 지형 등 기후특성을 고려한 건축계획은 건물의 부하를 감소시켜 줄 뿐만 아니라 바람, 태양과 같은 자연에너지를 이용할 수 있는 가능성을 제공한다. 에너지소비에 영향을 미치는 기후요소는 건물이 위치한 대지의 미세기후의 영향을 받으므로 기후와 대지 요소는 서로 분리하여 생각할 수 없다. 에너지 절약형 건축설계에서는 기후/대지 요소를 건축계획에

효과적으로 반영하는 것이 선행되어야 할 것이지만 대부분의 경우 주어진 조건으로서 건축설계를 통하여 변화되기 어려운 요소이다.

3.1.2 건물 및 시스템

건물/시스템 요소는 다양한 영향인자의 상호작용을 통해 건물의 열 성능에 영향을 미친다. 대부분의 영향인자들이 건축 설계 시 설계자의 에너지 절약 기법에 의해 조절이 가능한 요소이기 때문에 건물의 에너지 절약을 위해서 중요한 요소라 할 수 있다. 건물/시스템에서의 에너지 절약을 위한 방법은 크게 설계기법을 통하여 에너지 사용량을 감소시키는 건축적 방법과 에너지 사용기기 및 시스템의 효율을 향상시키는 설비적 방법이 있으며, 효과적인 에너지 절약 설계에 있어서는 2가지 방법이 상호 보완적으로 조화를 이루어야 한다. 건축설계를 통해 부하를 감소시키는 건축적 방법은 한번 결정되면 쉽게 변경되기 어렵고 여러 가지 설계변수가 열 성능에 복합적으로 미치기 때문에 설계 초기단계에서 건물의 에너지 성능에 큰 영향을 미치는 설계변수의 상대적 중요성을 파악하고, 최적의 대안을 선택하는 것이 중요하다. 건축설계에 의해 부하가 결정되면 부하를 해결하기 위해 건축설비시스템의 선정 되어야 하며, 이때 설비시스템의 효율에 따라 건물에서 에너지의 사용량이 크게 달라지기 때문에 설비시스템 역시 에너지 절약에 있어서 중요한 요소이다.

3.1.3 거주자 및 운영방법

사용자/ 운영방법 요소는 건물의 입주 후 생활습관이나 운영패턴의 변화를 통하여 나타나는 요소로서 지속적인 성능 점검, 사용자 매뉴얼 제공 및 운전 교육 등을 통해 건물을 에너지 효율적으로 운영할 수 있다. 특히 설비시스템의 적절한 제어는 에너지 절약을 위해서 상당히 중요한 문제이며 적절한 관리지침 마련이 필요하다. 하지만 이러한 요소들은 거주자들이 입주 후의 건물의 에너지사용량관리에 대한 인식정도에 관계되는 것이기 때문에 건축설계를 통해 조절하기는 어렵다.

3.2 공동주택 에너지 영향 건축계획요소

건축물의 에너지 소비에 영향을 미치는 인자를 조사해 본 결과, 건축설계자의 에너지 절약기법에 의해 조절 가능한 요소는 크게 건축계획요소, 건축기술요소 2가지로 분류할 수 있었다. 하지만 건축기술요소의 경우 건축설계 요소에 의해 결정된 부하를 해결하기 위한 방법으로써, 시스템의 효율에 관련된 문제이기 때문에 본 연구에서는 제외하였다. 따라서 건축계획요소를 세부요소로 아래 <표3.1>과 같이 크게 규모, 배치, 평면, 입·단면, 부위별 계획으로 분류하고 기존연구 문헌조사를 통해 세부항목을 산출하였다.

<표 3.1> 공동주택 에너지 성능 영향 건축계획요소

설계단계	계획요소
규모계획	평형
	층수 및 세대조합
	층고(천장고)
배치계획	향
평면계획	코어의 유형
	발코니 형태
	장단변비
입·단면계획	창면적비
	지붕의 형태
부위별계획	벽체구성 (단열성능, 단열재위치, 열용량, 표면성질)
	창의 종류(열관류율, SHGC)
	기밀성능 및 환기횟수

3.2.1 규모계획

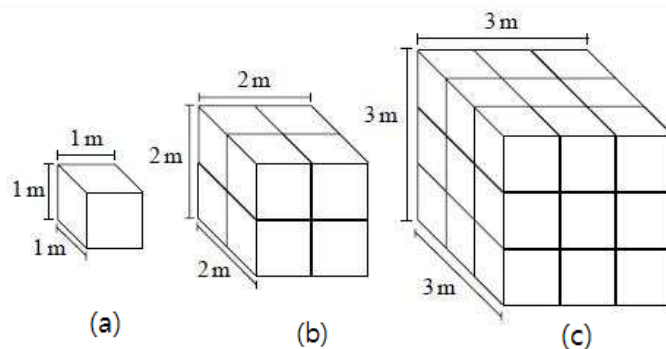
(1) 평형

평형은 공동주택의 체적을 결정짓는 요소이다. 체적이 커지게 되면 냉·난방을 해야 하는 공간이 커지게 되고 이는 곧 냉난방부하의 증가로 이어진다. 하지만 단위면적당 소비되는 냉난방 에너지소비량으로 계산할 경우 단위면적당 외피면적비, 실내발열밀도 등에 대한 종합적인 고려가 이루어져야한다.

(2) 층수 및 세대조합

층수와 세대조합은 외표면 면적비를 결정짓는 중요한 요소이므로, 단위 세대의 조합으로 이루어진 공동주택에 있어서 각 세대의 에너지 소비에 영향을 미친다. 아래 (그림 3.2)에서 (a)의 경우 외피면적이 6m^2 용적이 1m^3 로 용적에 대한 외피면적비가 6:1이지만 (b)의 경우 3:1, (c)의 경우 2:1로 조합이 이루어질수록 외피면적비가 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 고층의 공동주택 또는 세대조합이 많을수록 외기에 접하는 외벽을 감소시켜 건물의 열손실량을 줄일 수 있다.

산업자원부 연구¹⁰⁾에서는 최하층과 중간층, 최상층으로 구분하고 측벽이 외기에 접한 세대와 접하지 않는 세대로 구획하였을 경우의 난방에너지 사용량은 최하층 세대 중 외기에 접한 측벽이 있는 세대가 중간층의 중앙부 세대에 비해 평균 45% ~ 72%까지 에너지 소비가 많은 것으로 나타났다.



(그림 3.2) 조합에 따른 S/V비의 변화

(3) 층고 및 천장고

층고 및 천장고는 외표면 면적과 에너지 소비하는 냉난방 공간의 체적에 영향을 미치는 요소이므로, 층고가 높아지면 외표면의 면적이 증가하고, 냉난방 공간의 체적도 증가하여 건물에서의 냉난방부하를 증가시킨다. 그러나 공동주택의 경우 초고층 공동주택을 제외하고는 층고 및 천장고의 변동이 거의 없거나 매우 작아 층고 및 천장고의 변동에 의한 에너지 소비량의 차이는 크지 않을 것으로 판단된다.

10) 산업자원부, 건물의 에너지원단위 기준(안)연구, 1999, p79

3.2.2 배치계획

(1) 건물의 향

건물의 향에 따라 각 표면에 도달하는 태양 복사량이 다르게 된다. 여름철의 태양은 고도가 높기 때문에 상대적으로 남측의 실내로는 태양 입사량이 작은 반면 동서측의 고도는 낮아서 부하가 커질 수 있다. 반면 겨울철은 태양고도가 낮아서 입사량이 많아져 남측의 난방부하를 줄여준다.

기존의 연구¹¹⁾¹²⁾에서는 공동주택 건물의 향을 변화시켜 에너지소비량을 분석한 결과, 난방에너지의 경우 남향에 비해 서향과 동향의 에너지 소비량이 22% 더 높은 것으로 타나났고 냉방에너지의 경우 남향이 서향과 동향에 비해 30%정도 적은 에너지를 사용하는 것으로 나타났다.

3.2.3 평면계획

(1) 코아의 유형

코어의 유형은 공동주택의 체적대비 표면적에 영향을 미치기 때문에 코어의 유형에 따라 에너지 소비가 달라지게 된다. 계단의 형태별로 특성이 다르기 때문에 형태별 열 성능의 비교는 큰 의미가 없으나, 동일한 조건을 가정한 경우, 외표면 면적비가 작은 타워형의 경우가 열성능이 가장 우수하며, 다음이 계단실형, 편복도형의 순서가 된다.¹³⁾.

(2) 발코니

발코니 공간은 물리적으로 외부환경과 내부환경을 연결시켜주는 매개 공간으로써, 외부 기상변화에 대한 실내환경 변화를 최소화하는 완충적 공간의

11) 심윤희, 서울지역 공동주택의 난방에너지 표준사용량 산정에 관한 연구, 광운대학교 대학원 석사학위논문, 2006, p80

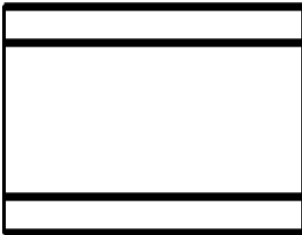
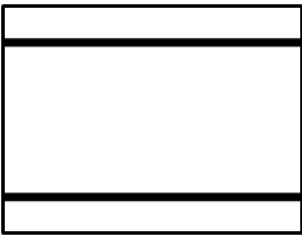
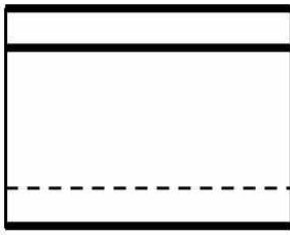
12) 박경석, 건물 에너지 성능 평가를 위한 건물 총량 에너지 기준 제시에 관한 연구, 광운대학교 대학원 석사학위논문, 2006, p76

13) 김필현, 공동주택 에너지 소비의 적정성 분석 및 개선방안 연구, 한남대학교 정보산업대학원 석사학위 논문, 2000, p.12

역할을 한다. 발코니의 공기층이 단열작용을 하여 벽을 통한 열취득이 감소하게 되고, 냉방부하의 주된 원인인 태양열복사가 차단된다.

기존의 연구¹⁴⁾¹⁵⁾에서는 발코니 확장 유무에 따라서 에너지 소비량을 분석하였는데 난방부하의 경우, 발코니공간이 있을 경우가 없을 경우보다 34~35%이상의 난방부하 저감을 나타냈고, 냉방부하의 경우 약 3배의 차이를 나타내어 발코니 공간이 없을 경우 에너지 소비량이 큰 것을 알 수 있다.

<표 3.2> 발코니 확장에 따른 유형

		
Interior and Exterior window	Interior window only	valcony extension

(3) 장단변비

공동주택의 전면 면적의 상당부분은 창문임을 고려할 때 일사량이 에너지 부하에 미치는 영향은 전면폭의 길이, 즉 장단변비에 큰 영향을 받는다. 또한 일반적으로 공동주택에서는 평형에 무관하게 전면에서 후면까지 깊이가 일정하기 때문에 장단변비는 평형과 밀접한 관련이 있다.

벽체에 대한 창면적비가 40%일때 건물의 방위와 관계없이 장단변비가 1:1(정방형)일 경우 부하량이 가장 작으며 건물이 남향일 경우 일반적으로 장단변비가 1:1~1:1.5가 적당하다¹⁶⁾.

14) 박용승, 공동주택의 발코니가 열부하에 미치는 영향분석, 경희대학교 대학원 석사학위논문, 2001, p.45

15) 서정민 외 4인, 공동주택의 발코니 확장이 실내온열환경 및 냉난방 부하에 미치는 영향, 대한설비공학회 논문집, Vol.19, No.5, 2007.05, pp.364-371

16) 상공자원부, 건물의 에너지절약형 외피단열시스템 개발 연구기획, 1993, p.10~11

3.2.4 입단면계획

(1) 창면적비

창면적이 커지게 되면 겨울철에 받는 일사량은 증가하지만 틈새바람과 창을 통한 열손실이 커지므로 전체적인 열손실은 증가하게 되며, 여름철에는 일사획득에 의한 냉방부하가 커지게 된다. 따라서 적정 창면적비의 결정은 에너지 절약을 위해 중요한 요소이다.

박성득의 연구¹⁷⁾와 김장한의 연구¹⁸⁾에서 창면적비를 변화시켜 시뮬레이션 분석을 한 결과 일반적으로 창면적비가 증가할수록 냉난방부하 역시 증가하는 것으로 나타났으며, 창면적비가 10% 증가할수록, 에너지 소요량이 4~5% 정도 증가하는 것으로 나타났다.

(2) 지붕의 형태

지붕은 외표면 면적을 구성하는 요소이며, 외피 요소 중 태양 일사량을 가장 많이 받는 부분이다. 일반적으로 박공지붕과 같은 경사지붕은 중간 공기층이 열적 완충역할을 하기 때문에 평지붕에 비해 에너지 절감 효과가 있다. 태원진의 연구¹⁹⁾에서 정남형 건물 박공지붕의 경사각 변화($0^{\circ} \sim 45^{\circ}$)에 따른 8월 냉방부하를 분석한 결과, 각도가 ($30^{\circ} \sim 40^{\circ}$)일때 냉방부하가 가장 작았으며 냉방부하가 가장 컸던 평지붕(경사각 0°)과는 최대 2%까지 차이가 나는 것으로 나타났다. 하지만 이는 단층건물의 한세대기준이므로 전체적인 효과는 미비하다고 할 수 있다.

17) 박성득, 공동주택의 주동형식 및 창면적비에 따른 건물에너지효율등급에 관한 연구, 한양대학교 대학원 석사학위논문, 2010, p.64

18) 김장한, 초고층 주거건물의 에너지 성능 분석에 관한 연구, 영남대학교 대학원 석사학위논문, 2004, p.59

19) 태원진, 냉방부하 최소화를 위한 지붕의 최적기울기에 관한 연구, 한국태양에너지학회 논문집, Vol.25, No.4, 2005

3.2.5 부위별 계획

(1) 벽체구성 및 재료

가) 단열성능

단열값은 에너지 흐름을 방해하는 능력으로 모든 재료는 에너지 흐름을 저지하는 능력이 있다. 단열성능 좋은 재료를 선택함으로써 건물 내외부를 통한 열교환을 최소화하여 건물부하를 줄일 수 있다. 공동주택의 부하 특성상 단열성능이 전체 난방부하에 대한 영향력이 큰 바, 공동주택의 지역별 열 관류율²⁰⁾ 및 단열재 두께²¹⁾을 규제하고 있다.

유호선의 연구²²⁾에서는 단열재의 두께가 70mm에서 105mm로 증가시킬 경우 난방부하의 2.7%절감하는 것으로 나타났다. 또한 김장한의 연구²³⁾에서는 외벽 단열재두께를 40mm에서 80mm로 변화시켰을 경우 총 냉난방부하가 약 4.4%정도 감소하는 것으로 나타났다.

나) 단열재의 위치

단열재의 위치에 따라 외피의 축열성능(Time-Lag), 열교현상 및 결로발생의 특성이 달라진다. 외단열의 경우, 열교부위의 국부적인 저온현상이 없기 때문에 결로현상을 방지 할 수 있고, 벽체에서 콘크리트와 같은 축열체가 단열재 내측에 위치하여 축열에 의한 난방효과도 기대할 수 있다.

송승영의 연구²⁴⁾에서는 시뮬레이션을 통해 내단열 시스템과 외단열 시스템의 손실열량을 분석하였다. 분석결과, 외단열 시스템 적용시 측벽부위에서 최대 37%의 열손실량 감소를 보였다.

20) 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 별표4, 국토해양부령 제205호,

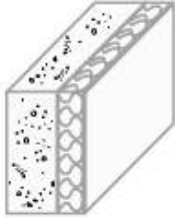
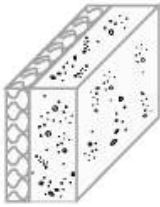
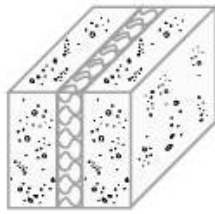
21) 건축물의 에너지절약설계기준 별표2, 국토해양부고시 제2010-371호

22) 유호선 외 2인, 한국형 아파트의 냉난방 에너지에 미치는 제 인자의 영향, 대한설비공학회 논문집, Vol.14, No.11, 2002.11

23) 김장한, op.cit, p.57

24) 최보혜, 외단열 시스템 적용에 따른 공동주택 외피의 에너지성능 평가, 이화여자대학교 대학원 석사학위논문, 2009, p.31

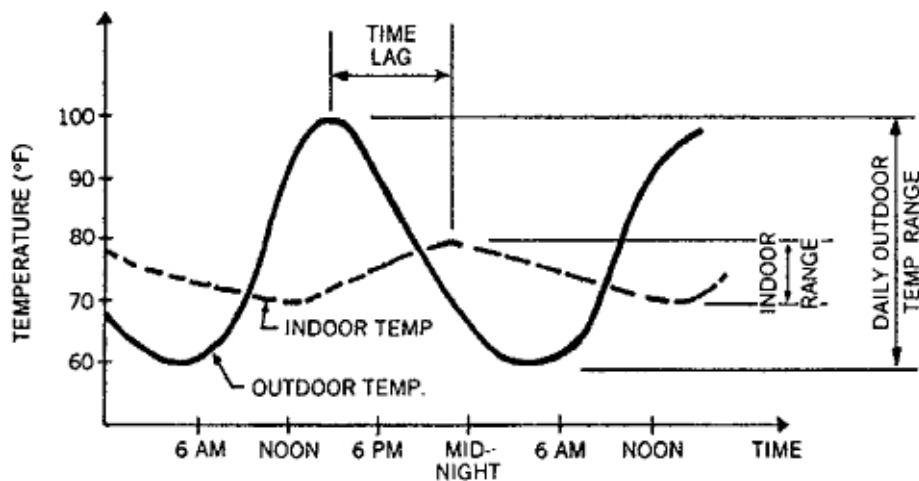
<표 3.3> 위치에 따른 단열재 종류

		
내단열	외단열	중단열

다) 열용량

열용량은 어떤 재료가 축적할 수 있는 열량을 나타내며, 일반적으로 공동주택 벽체에서는 콘크리트의 두께에 따라 열용량이 달라진다. 콘크리트의 두께가 두꺼울수록 열용량이 크며 건물의 축열 성능이 증대되어 건물외피를 통한 열전달을 지연(Time-Lag)시키므로 열효율을 올릴 수 있다. (그림3.3)은 여름철 외기온에 대한 타임-랙 효과를 나타내고 있다²⁵⁾.

박경석의 연구²⁶⁾에서는 콘크리트의 두께를 100mm에서 200mm로 증가시켰을 때, 냉방에너지 사용량이 1.7%정도 감소한 것으로 나타났다.



(그림 3.3) 여름철 외기온에 대한 타임-랙 효과

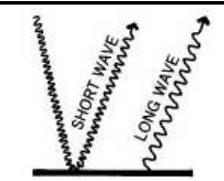
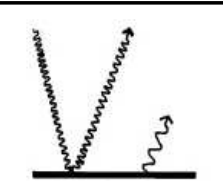
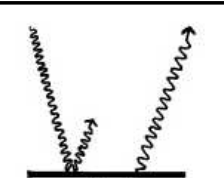
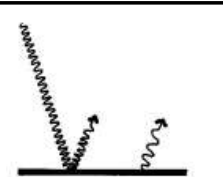
25) Norbert Lechner, Heating, Cooling, Lighting Sustainable Design Methods for Architect, Third Edition, John Wiley & Sons, 2009, p.490

26) 박경석, op.cit, p.81

라) 재료의 표면 성질

복사열전달에 영향을 끼치는 재료의 특성은 흡수율, 방사율, 반사율이며 이는 표면의 질감뿐만 아니라 색채에도 관계된다. <표 3.4>는 표면특성에 따른 태양반사율, 열방사율을 나타내며 밝은색 표면재료 일수록 태양, 열 반사율이 높아 평균 온도가 낮아지는 것을 알 수 있다²⁷⁾. 그러나 일반적인 공동주택에서 사용하는 마감재료는 콘크리트-페인트가 90% 이상이며, 일정 채도 이상이 대부분이므로 표면성질에 따른 성능변동은 크지 않을 것으로 판단된다.

<표 3.4> 재료의 표면성질의 태양 반사율과 열방사율에 따른 평균온도

				
표면마감	White	Shiny Metal	Black	Selective Coating
태양 반사율	높음	높음	낮음	낮음
열 방사율	높음	낮음	높음	낮음
평균 온도	Cool	Warm	Hot	Very Hot

(2) 창호의 종류 및 형상

가) 창호의 열관류율

창은 일사유입 및 외기유입을 통한 열획득/열손실 측면에서 중요한 역할을 담당한다. 그 가운데 창호의 종류에 따른 열관류율 값은 건물 내외부로 흐르는 열손실/획득량을 결정하게 되며, 상대적으로 단열성능이 취약한 창호의 열관류율은 건물의 에너지 성능에 많은 영향을 미친다.

한국건설기술연구원의 연구²⁸⁾에서는 창호의 열관류율을 $2.1 \sim 2.9 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ 로 변화시켜 난방부하의 변동을 분석한 결과, 난방부하가 약 39%의 변동을 보였다. 임도요의 연구²⁹⁾에 의하면, 창호의 열관류율을 $3.84 \sim 1.5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 까지 변화시켰을 때, 40%까지 부하절감이 가능한 것으로 나타났다.

27) 김옥, Cool Roof 시스템의 성능기준 및 설계지침에 관한 연구, 중앙대학교 대학원 박사학위 논문, 2010, p.12

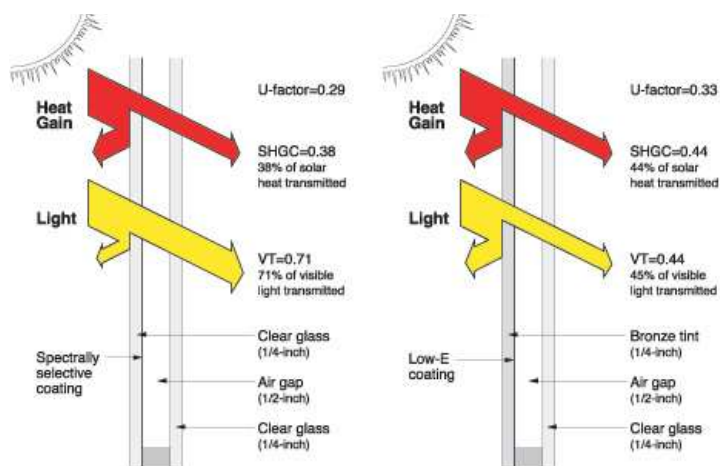
28) 한국건설기술연구원, 공동주택의 환경성능 향상 연구, 1991.12, p.40

29) 임도요 외 4인, 국내 공동주택 난방부하저감 목표에 따른 외피성능 기준에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, Vol.27, No.1 2007,10

나) 일사획득계수(SHGC : Solar Heat Gain Coefficient)

과거 창호의 일사획득을 나타내던 지표는 3mm 단창을 기준으로 일사획득의 정도를 나타낸 차폐계수(SC)였지만 현재는 그와 다른 일사획득계수가 창호의 일사획득을 나타내는 지표로 사용하고 있다³⁰⁾.

일사획득계수(SHGC : solar heat gain coefficient)의 개념은 창호 각각에 대해 창을 통과하기 전의 일사량에 대한 창을 통과하고 난 뒤의 획득열량의 비로 표현하는 것이다. 일사획득계수의 경우 냉방과 난방에너지 소비량에 반대되는 영향을 미치기 때문에 적정성능의 적용이 필요할 것으로 판단된다.



(그림 3.4) 유리종류에 따른 일사획득계수

(3) 환기횟수

외기는 실내로 유입됨으로써 실내의 공기 상태의 차이를 유발하여 실의 난방 부하에 영향을 주게 된다. 이러한 현상을 침기 또는 환기라고 한다. 공동주택에서 열손실량의 대부분은 기밀성능과 환기에 의해서 일어난다.

윤중호의 연구³¹⁾에서 침기량이 1.0ACH에서 0.3ACH로 변화시켰을 때의 난방에너지를 분석한 결과 31%의 에너지절감율을 나타냈다. 원종서의 연구³²⁾에서는, 침기량이 0.3~0.35ACH수준으로 확보될 경우 1.0ACH에 비해 약 38%의 에너지 소비량을 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다.

30) 박대선, 로이창호의 일사획득계수에 따른 건물에너지 성능평가 연구, 한밭대 산업대학원 석사 학위논문, 2008.02, p. 27

31) 윤중호, 공동주택의 에너지 자립을 위한 핵심요소기술의 에너지 성능평가, 한국태양에너지학회, 논문집 Vol.27, No.3, 2007

32) 원종서 외 1인, 주거용 건물의 유형에 따른 환경조절요구에 대한 분석, 대림기술정보, 2005.09

3.3 공동주택 건축계획요소의 성능범위

본 절에서는 공동주택 건축계획요소의 성능범위 결정을 위해 통계자료 및 문헌조사를 통해 공동주택의 현황조사를 실시하였다. 또한 에너지 영향 건축 계획요소의 성능범위를 현행 기술력까지 포함시키고자 국내외 저에너지 공동 주택에 대한 사례조사를 실시하였고, 이를 바탕으로 건축계획요소의 성능범 위를 결정하였다.

3.3.1 공동주택 건축계획요소의 현황조사³³⁾³⁴⁾

(1) 평형 및 층수

다음 <표 3.5> ~ <표 3.6>는 전국 규모별 현황 통계를 근거로 분석한 평 형의 분포이다. 평형의 경우, 30-34평형대가 28.5%로 가장 많은 비율을 차 지하며 층수는 15층~20층미만이 전체 43.5%로 가장 많은 비율을 차지하는 것으로 나타났다.

<표 3.5> 규모별 세대수 및 비율(전국 2001년 준공건물기준)

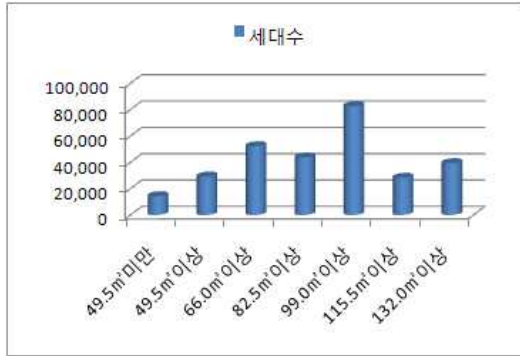
지역	규모별							
전국	계	49.5㎡ (15평) 미만	49.5㎡ (15평) 이상	66.0㎡ (20평) 이상	82.5㎡ (25평) 이상	99.0㎡ (30평) 이상	115.5㎡ (35평) 이상	132.0㎡ (40평) 이상
세대	290,561	14,423	29,310	52,371	43,815	82,804	28,353	39,485
%	100.0	5.0	10.1	18.0	15.1	28.5	9.8	13.6

<표 3.6> 층수별 세대수 및 비율(전국)

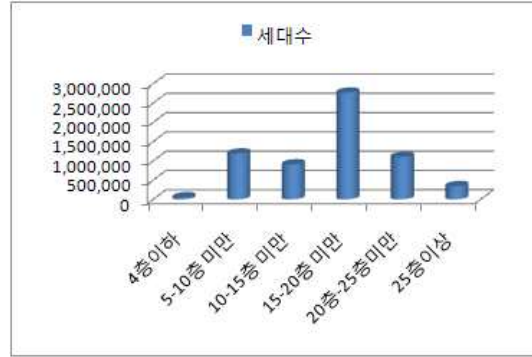
지역	층수별						
전국	계	4층이하	5-10층 미만	10-15층 미만	15-20층 미만	20층-25층 미만	25층이상
세대	6,354,510	52,137	1,187,650	905,302	2,768,437	1,099,399	341,585
%	100	0.8	18.7	14.3	43.5	17.3	5.4

33) 국가통계포털(KOSIS), 아파트 주거환경통계

34) 산업자원부, 에너지 절약형 건물의 성능인증기준·제도 및 보급촉진 방안 연구, 2001, p68



(그림 3.5) 규모별 세대수 현황



(그림 3.6) 층수별 세대수 현황

(2) 계단실 형태

복도형태는 크게 계단실형과 편복도형으로 나눌 수 있으며, 연도별 전국의 비율은 다음과 <표 3.7>과 같다. 가장 최근의 조사에서도 계단식구조의 74%로 대다수를 차지하는 것으로 나타났으며, 점점 더 계단식 구조의 건물이 증가하는 추세인 것을 알 수 있다.

<표 3.7> 계단실 형태별 세대수 및 비율(연도별)

조사연도	준공누계호수	건물구조	
		계단실형	편복도형
1995	3,158,754	2,173,458(69%)	985,296(31%)
1998	4,543,241	3,180,114(70%)	1,363,127(30%)
2001	5,499,669	3,915,662(71%)	1,584,007(29%)
2004	6,312,169	4,645,519(74%)	1,666,650(26%)

(3) 층고 및 천장고

기존 공동주택의 층고는 2.6m로 설계되는 것이 기본이었으나 2008년 소방기본법 개정 이후 천장내부에 스프링클러를 설치하기 위한 공간을 확보하기 위해 2.8m 정도로 설계 되고 있다. 천장고의 경우, 건축 법규상의 최소치는 1.8m이상으로 정하고 있으나 일반적으로 동일하게 약 2.3m 정도로 설계가 되고 있는 것으로 나타났다.

(4) 발코니 유무

발코니의 길이는 보통 1.5m 정도로 설계가 이루어지고 있으며 전후면 모두 발코니를 설치하는 경향으로 설계가 이루어지고 있다. 그러나 2006년 1월부터 공동주택의 발코니 개조를 합법화하기로 한 이후 전 공동주택에 걸쳐 발코니 개조를 하고 있는 추세이다.

(5) 장단변비

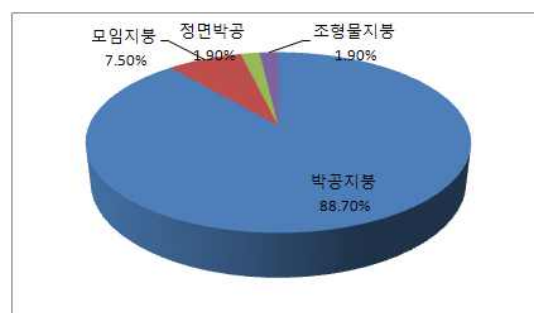
장단변비의 경우 공동주택의 대부분은 장방형이되 건평에 무관하게 전면에서 후면까지의 깊이가 거의 일정하다. 즉 건평이 클수록 장단변비(전면폭/깊이)가 증가하며³⁵⁾ 전용면적별 장단변비의 분포는 <표 3.8>와 같다.

<표 3.8> 전용면적별 장단변비

		발코니 확장 합법화 이전(㎡이하)				발코니 확장 합법화 이후(㎡이하)			
전용면적		60	85	102	135	60	85	102	135
전면길이: 측면폭	최대	1:1.14	1:1.05	1:1.01	1:1.08	1:1.09	1:1.06	1:1.10	1:0.98
	최소	1:1.06	1:0.95	1:0.91	1:0.76	1:1.05	1:0.76	1:0.88	1:0.77
	평균	1:1.08	1:1.00	1:0.95	1:0.90	1:1.06	1:0.91	1:0.99	1:0.86

(6) 지붕의 형태

다음 (그림 3.7)은 2000년 이후에 입주한 수도권 공동주택의 지붕형태 비율을 나타낸 표³⁶⁾이며, 일반적으로 박공지붕이 가장 많은 비율을 차지하는 것으로 나타났다.



(그림 3.7) 지붕형태별 비율

35) 유호선, op.cit, p.972-980

36) 오성진, 공동주택 지붕디자인 유형과 거주자 선호에 관한 연구, 아주대학교 석사학위 논문, 2004

(7) 창면적비

주거용 건물은 다른 용도의 건물과 달리 창면적비가 거의 일정하다. 또한 ‘에너지 절약 설계기준’에서는 주거용 건물의 창면적비가 60%를 넘지 않도록 권고하고 있다. 각 아파트의 도면을 통하여 조사한 자료에 의하면³⁷⁾ 발코니 끝단에 새시유리를 설치할 경우, 유리의 면적비는 전면 80%, 후면 36%으로 나타났으며 내부와 발코니 사이 경계면의 창호비율은 전면 64%, 후면 16%로 나타났다.

(8) 외피의 성능

공동주택 외치의 경우 현행 건축법에서는 지역별 열관류율을 규정하고 있다. 중부지방의 경우 외벽 열관류율을 $0.47\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$, 측벽 열관류율을 $0.37\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ 로 규정하고 있다. 또한 외벽의 경우 65mm, 측벽의 경우 90mm인 최소단열 두께로도 규정을 만족할 수 있어 일반적으로 단열재의 두께가 법적기준에 상응하도록 설계되고 있다.

창호의 경우 건축법에서는 창호의 열관류율을 $3.0\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ 이하로 규정하고 있으나, 공동주택에서 일반적으로 사용되고 있는 16mm 투명복층유리는 열관류율이 $3.1\text{W/m}^2\text{K}$ 정도³⁸⁾로 2008년 개정된 건축법규를 만족하지 못하는 것으로 나타났다.

<표 3.9> 건물 외피성능 기준

항목	2008년 개정 건축법규기준	국토부 친환경주택
창호단열	$3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$	$1.8 \text{ W/m}^2\text{K}$
외벽단열	$0.47\text{W/m}^2\text{K}$	$0.36\text{W/m}^2\text{K}$
측벽단열	$0.35\text{W/m}^2\text{K}$	$0.27\text{W/m}^2\text{K}$

37) 유효선, op.cit, p.972-980

38) <http://www.hanglas.co.kr/>

(9) 환기횟수

기존 아파트의 실측 결과는 $0.4-0.8\text{ACH}^{39)}$ 혹은 $0.28-0.58\text{ACH}^{40)}$ 로 나타났으며 건물에너지 효율등급 인증제도에서 표준주택은 환기율은 난방공간의 경우 0.7ACH , 비난방공간의 경우 2.0ACH 를 적용하였다. 또한 시뮬레이션 입력데이터 값으로는 입주자의 출입, 창문의 간헐적 개방, 화장실 환기팬의 작동 등을 고려하여 환기횟수를 1.0ACH 로 설정한 사례⁴¹⁾가 있다.

39) 강재식 외 2명, 공동주택의 난방에너지 소비특성에 관한 연구, 1995, 대한건축학회 논문집, Vol11, No.7

40) 박진우 외 2명, 공동주택의 자연환기 성능평가, 2001, 대한설비공학회 하계학술발표회 논문집 pp. 637-643

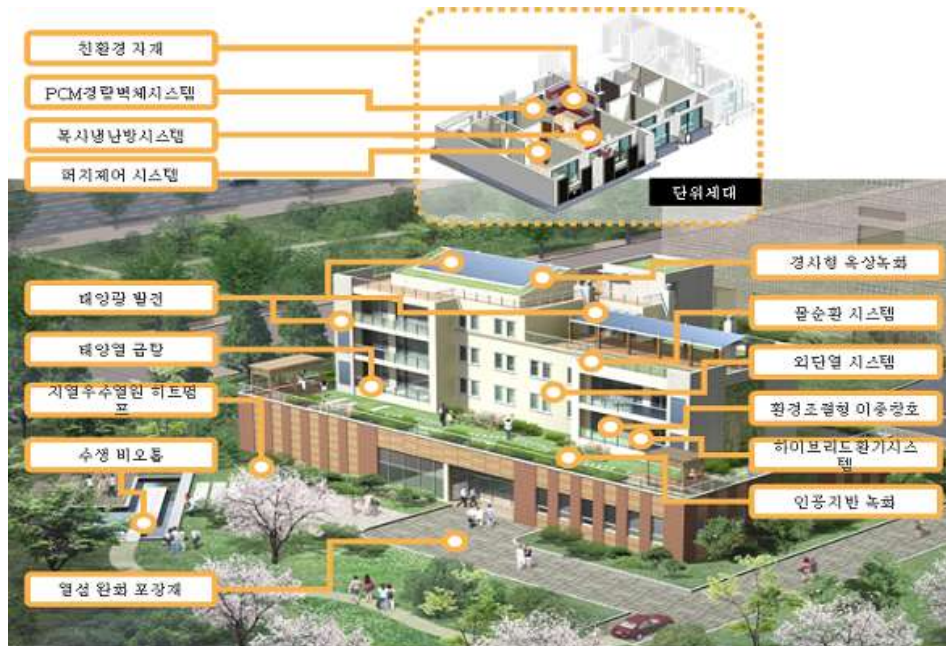
41) 박유원 외 2명, 한국형 아파트의 난방에너지 분석 3 : 실내설정조건의 영향, 2005, 설비공학 논문집, 제17권, 제 8호, pp.772-728

3.3.2 저에너지 공동주택 사례조사

(1) 국내사례

가) 저에너지 친환경 공동주택(그린홈 플러스)

그린홈 플러스는 정부가 R&D 예산을 지원하여 산·학·연 합동으로 추진한 “저에너지 친환경 공동주택 기술개발”의 연구 성과물로서, 우리나라 최초로 공동주택에 저에너지 친환경 주택 기술을 적용하여 건축한 실증 모델이며 그린홈 플러스에 적용된 핵심요소기술은 (그림 3.8)과 같다.



(그림 3.8) 그린홈 플러스 핵심요소기술

그린홈 플러스는 에너지절감을 위하여 외부환경 조성기술(Site), 저에너지 건물기술(Building), 고효율 설비기술(System) 등 3개 분야별로 최신기술 및 친환경 건축자재를 사용하여 건축되었다. 그린홈 플러스의 가장 큰 특징은 단지 특성이나 경제성, 시공성 등을 고려하여 에너지 절감 단계별로 기본모델(Base Model)과 기본모델 대비 에너지 절감률이 각각 40%, 60%, 80%, 100%인 4개의 모델을 제시하고 있으며 모델별 적용된 건축계획요소의 성능은 다음 <표3.10>과 같다.

<표 3.10> 그린홈 플러스 모델별 에너지 절약 계획요소

	Base Model	Gh -I (40%)	Gh -II (60%)	Gh -III (80%)	Gh -IV(100%)
평면구조	—	가변형 기둥식 구조	가변형 기둥식 구조	가변형 기둥식 구조	가변형 기둥식 구조
창호시스템	단일창호 일반복층유리 (3.0W/m ² K)	지능형 이중창호 (2.0 W/m ² K)	지능형 이중창호 (1.2 W/m ² K)	지능형 이중창호 (1.0 W/m ² K)	지능형 이중창호 (0.8 W/m ² K)
벽체 단열시스템	내단열시스템 (0.47W/m ² K)	외단열시스템 (0.3W/m ² K)	외단열시스템 (0.2W/m ² K)	외단열시스템 (0.15W/m ² K) 열교차단시스템	외단열시스템 (0.08W/m ² K) 열교차단시스템
기밀성능	기계환기 0.7ACH	하이브리드환기 및 고기밀시공 0.6ACH	하이브리드환기 및 고기밀시공 0.5ACH	하이브리드환기 및 고기밀시공 0.4ACH	하이브리드환기 및 고기밀시공 0.4ACH
신재생 에너지	—	발코니 난간형 태양열시스템, 벽면일체형 태양광발전시스템, 파고라 일체형 태양광발전시스템		발코니 난간형 태양열시스템, 벽면일체형 태양광발전시스템, 파고라 일체형 태양광발전시스템, 지열 + 우수열 히트펌프시스템	

나) ECO-3L 하우스

ECO-3L 하우스는 대덕연구단지내에 위치한 대림산업 주거환경 연구센터에 위치하고 있다. 지하1층 ~ 지상3층 규모의 다목적 실험동으로 구축된 주거환경 연구센터 3층에 단위세대를 구성하여 3L 공동주택 실용화 및 성능평가를 가능토록 하였다⁴²⁾.



(그림 3.9) 주거환경 연구센터

42) 대림산업 기술연구소 주거환경 연구센터 준공, 대림기술정보, 2006

ECO-3L 하우스는 에너지 절약형 건축기법과 특수 자재를 이용해 평방미터(m^2)당 3리터의 연료(등유)만으로 연중 쾌적한 온도를 유지 할 수 있도록 설계된 초에너지 절약형 주택이다. 실제 대덕의 ECO-3L 하우스의 경우, 설계는 $3\text{Liter}/m^2 \cdot \text{year}$ 로 되었으나 신재생에너지를 적용하여 제로에너지를 넘어 에너지생산주택으로 시공되었다. 다음 <표3.11>는 한국형 초에너지 절약 공동주택인 ECO-3L 하우스에 적용된 계획요소이다.

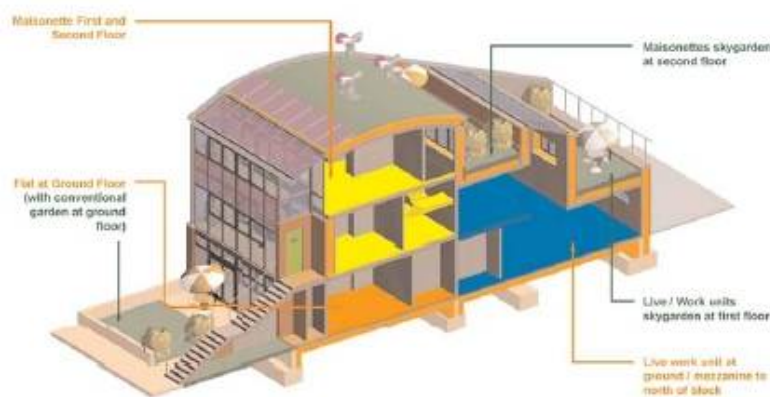
<표 3.11> ECO-3L 하우스 에너지 절약 계획요소

항목	계획요소
에너지 절감 건축	고단열 벽체($0.8 \text{ W}/m^2K$)
	외단열 시스템
	고기밀 시공
	열교최소화
	슈퍼창호 시스템(고성능 3중 유리, 로이 코팅)
	전열교환 환기 시스템
신재생 에너지	태양광 발전
	지열시스템

(2) 국외사례

가) BEDZED (영국)

영국 런던 남쪽의 서튼(Sutton)에 위치하며 $16,500m^2$ 면적에 100가구를 목표로 하여 1999년부터 2001년까지 개발되었다. 영국 BEDZED는 영국 최초의 친환경 및 탄소중립 복합개발단지로 주거·업무·상업 공간을 단지 내에 공유시켰다.



(그림 3.10) 영국 BEDZED

일조를 고려한 건물 배치로서 모든 가구 배치를 남향으로 하여 채광과 태양에너지 활용을 극대화 하였으며 건축계획단계부터 건물은 햇볕의 채광과 태양복사열의 활용을 극대화하기 위하여 일반건물의 2배 높이로 이루어지게 하였다. 또한 PSV(Passive Stack Ventilation, 지붕 위에 있는 닭벼슬 모양의 바람개비 팬)을 통해 자연환기 및 내부온도를 조절하며, 이중 외피로 온실을 만들어 여름에는 더운 공기가 상부창으로 빠져나가 시원하고 겨울에는 햇빛으로 데워진 공기를 받아들여 적절한 온도를 유지하도록 계획하였다. 2중, 3중 유리, 온실, 차양 등을 설치하여 태양에너지를 채열한 뒤 활용하는 패시브 솔라시스템과 에너지 낭비를 최소화하기 위해 벽에 300mm 단열재를 넣어 두께를 약 50cm정도로 하여 열손실을 감소시키는 고단열·고기밀 건축으로 에너지사용을 저감한다. 모든 건물 위에 태양열 전지판을 설치하여 청정 전기를 생산하는 액티브 솔라 시스템을 완비하고, 단지 한쪽에 바이오연료를 사용하는 열병합 발전기(combined heat and power plant)를 설치하여 매일 100kW의 전력을 생산한다⁴³⁾.

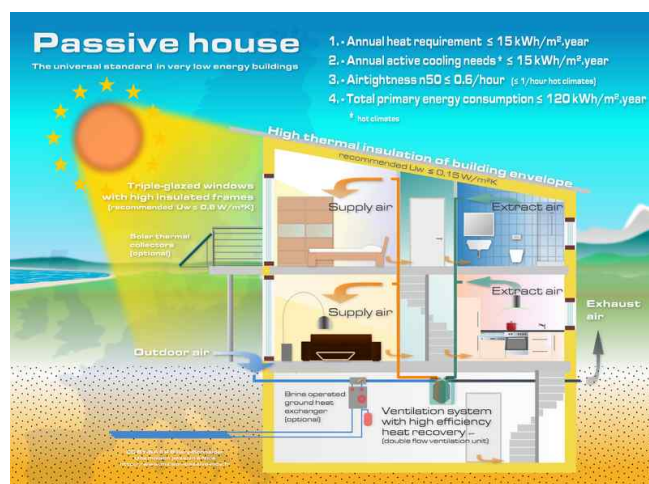
<표 3.12> BEDZED 에너지 절약 계획요소

항목	계획요소
에너지 절감 건축	남향 배치
	고단열 벽체(0.1W/m ² K)
	고기밀 건축
	고성능 창호(3중유리)
	층고 증가(복사열 채광)
	차양시설
	자연형 태양열 시스템(온실)
	자전거 및 보행도로 확보
	자연환기 시스템(Passive Stack Ventilation)
	일조를 고려한 건물배치
	지붕 및 옥상녹화
	발코니 녹화
신재생 에너지	태양열 발전
	바이오매스 에너지
	열병합 발전(Combined Heat & Power Unit, CHP)

43) www.bioregional.com/programme_projects/ecohous_prog/bedzed/bedzed_hpg.htm

나) Passive House (독일)⁴⁴⁾

패시브하우스(Passive House)란 외부로부터 에너지를 끌어 쓰거나 전환하는 것이 아닌 에너지가 밖으로 빠져나가는 것을 최대한으로 차단하는 수동적 방식의 주택이다. 1991년 독일 Darmstadt에서 최초로 시작된 패시브 하우스(Passive house)는 건축설계에서 고단열 단열재와 창호를 통해 주택의 난방부하를 최소화하고 이에 열회수환기 기술을 체계적으로 접목시켜 일반주택 비하여 최다 80%의 난방비 절감을 이룬 주택이다.



(그림 3.11) Passive House의 개념요소

패시브하우스는 단열, 밀폐, 열회수환기가 기본요소로서 보통 남향으로 지어지고 남쪽에 창을 많이 내며 3중 유리창을 설치하여 일반 주택 단열재의 30배인 30cm이상의 단열재를 사용한다.

<표 3.13> 패시브하우스 에너지절약 계획요소

항목	계획요소
에너지 절약	지붕 및 벽체의 단열성능 극대화($0.09 \sim 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$)
	고기밀건축 ($0.6 @ 50\text{Pa}$)
	폐열순환기를 통한 온도차를 최소화 시킨 환기(75%이상)
	외부차양을 통한 여름철의 태양열 차단, 겨울철의 내부열 방출 최소화
	3중 유리, 고단열 프레임으로 열 손실 최소화($0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ 이하)
	30cm이상의 단열재 사용

44) www.europeanpassivehouses.org

3.4 소결

본 장에서는 건축계획요소를 통한 부하예측방정식을 개발하기에 앞서 문헌 조사를 통해 에너지 영향인자를 파악하였다. 또한 공동주택의 현황조사 및 친환경 공동주택 사례조사 분석을 통해 에너지 영향인자의 성능범위를 파악하였다. 본 연구는 설계초기단계의 효과적인 에너지절약을 위한 전략수립이 목적이기 때문에 영향인자는 건축계획요소로 한정하였으며 건축계획요소 중 성능범위의 변동이 크지 않은 계획요소를 제외하고 주요 에너지영향인자를 선정하였다. 공동주택의 에너지 성능 주요 영향인자로는 평형, 세대조합, 향, 발코니유무, 전면창면비, 후면창면적비, 단열재두께, 단열재위치, 전면창호 열관류율, 후면창호 열관류율 등이며 각 영향인자의 성능수준은 다음 <표 3.14>와 같다.

<표 3.14> 공동주택 에너지 영향인자 및 성능수준

설계변수	성능수준
평형 (전용면적)	24평 ~ 44평 (57m ² ~122m ²)
세대조합	2호조합 ~ 6호조합
향	남 ~ 동
발코니 형태	발코니 유 / 무
전면 창면적비	40% ~ 80%
후면 창면적비	20% ~ 60%
단열재두께	65mm ~ 250mm
단열재위치(기밀성능)	내단열 / 외단열
전면창호 열관류율	3.0W/m ² · K ~ 1.0W/m ² · K
후면창호 열관류율	3.0W/m ² · K ~ 1.0W/m ² · K

제 4 장 공동주택 냉난방 부하 예측 방정식 개발

4.1 표준모델 작성 및 시뮬레이션 도구 선정

공동주택의 주요설계변수를 통한 냉난방 부하 예측식 개발을 위해서는 각 설계변수를 적용하여 냉난방부하를 분석할 수 있는 대상건물과 시뮬레이션 조건이 필요하다. 이때의 대상건물 및 시뮬레이션 조건은 현재 사용되고 있는 공동주택의 특성을 반영함으로써 신뢰성 있는 결과 값을 얻을 수 있다. 따라서 본 연구에서는 통계자료 및 기존연구문헌에서의 공동주택 현황조사를 통해 표준모델 및 시뮬레이션 조건을 설정하였다.

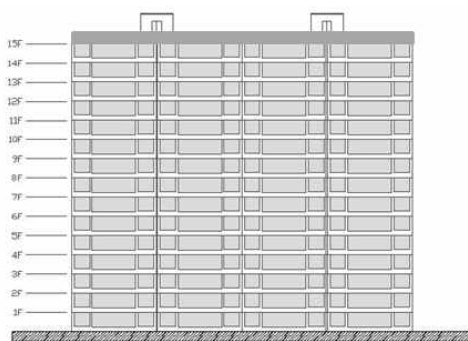
4.1.1 표준모델 및 시뮬레이션 조건 작성

(1) 표준모델의 작성

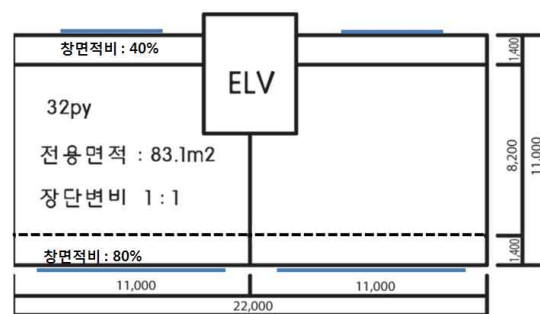
3장에서 조사한 공동주택 현황조사를 바탕으로 부하해석을 위한 표준 공동주택 모델을 작성하였으며, 표준 공동주택에 대한 내용은 다음 <표 4.1>와 같다. 작성된 표준 공동주택은 15층 규모의 계단실형 공동주택이며, (그림 4.1)는 표준 공동주택 모델의 입면도를 나타낸다. 한편 에너지 성능 시뮬레이션을 수행하기 위해서는 불필요한 정보의 입력을 피하고 효율적인 계산을 수행하기 위해서 대상을 단순화할 필요가 있다. 따라서 공동주택의 구조를 (그림 4.2)와 같이 내부 공간, 발코니 및 계단실로만 구성하여 단순화 하였다.

<표 4.1> 표준모델 설정조건

항목			내용
규모계획	평형(전용면적)		32평형(83.1㎡)
	층수		15층
	세대조합		4호조합
배치계획	향		남향
평면계획	코어의 유형		계단실형
	발코니		전면발코니 확장, 후면발코니
	장단변비		1:1
입·단면계획	층고(천장고)		2.8(2.3)m
	창면적비	전면	80%
		후면	40%
	지붕의 형태		박공지붕
부위별계획	벽체	단열재 두께	65mm
		단열재 위치	내단열
	창	열관류율	16mm 투명 복층유리
	환기횟수		0.7ACH



(그림 4.1) 표준모델 입면도



(그림 4.2) 표준모델 단위세대 평면도

벽체의 구성은 세대간벽, 측외벽, 전·후외벽, 최상층 슬래브, 최하층 슬래브, 세대간 슬래브로 구분할 수 있으며, 각 벽체의 구성요소별 두께는 그림과 같다. 벽체구성은 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙과 건축물 에너지 절약 설계기준을 준수하도록 설정하였으며, <표 4.2>는 표준공동주택 벽체를 구성하는 요소들의 열전도율을 나타내며 <표 4.3>는 창호의 구성 및 물성치를 나타낸다.

<표 4.2> 재료별 물성치

재료	구성	두께 (mm)	열전도율 (W/m℃)	비열 (J/kg℃)	비중 (kg/m³)	열관류율 (W/m²·K)
외벽	석고보드	9.5	0.155	1130	910	0.423
	단열재	65	0.030	837	30	
	콘크리트	180	1.376	879	2198	
측벽	석고보드	9.5	0.155	1130	910	0.313
	단열재	90	0.030	837	30	
	콘크리트	180	1.376	879	2198	
세대간벽	시멘트몰탈	24	1.204	1130	2019	3.171
	콘크리트	108	1.376	879	2198	
	시멘트몰탈	24	1.204	1130	2019	
최하층 바닥	시멘트몰탈	40	1.204	1130	2019	0.389
	경량콘크리트	50	0.1376	1092	600	
	단열재	55	0.030	837	30	
	콘크리트	180	1.376	879	2198	
지붕층	콘크리트	180	1.376	879	2198	0.246
	단열재	110	0.030	837	30	
	석고보드	9.5	0.155	1130	910	
중간층 바닥	시멘트몰탈	40	1.204	1130	2019	0.586
	경량콘크리트	50	0.1376	1092	600	
	단열재	30	0.030	837	30	
	콘크리트	150	1.376	879	2198	
	석고보드	9.5	0.155	1130	910	

<표 4.3> 창호의 구성 및 물성치

구성	재료	두께(mm)	열관류율 (W/m²℃)	SHGC
이중창	맑은유리	5	2.97	0.85
	공기층	8		
	맑은유리	5		

(2) 건물의 표준운전 상태

가) 기후 조건

본 연구에 이용된 기상자료는 한국태양에너지학회에서 제공하는 대한민국 표준 기상데이터(2009년) 중 서울지역 기상 데이터를 사용하였다. 이 기상 자료는 DOE-2포맷으로 제공되기 때문에 EnergyPlus의 Weather Statistics and Conversions 프로그램을 이용하여 EnergyPlus 포맷으로 변환하여 사용하였다.

나) 냉난방시스템 운전조건

에너지절약 설계기준에서 여름철 실내적정온도를 26℃~28℃, 겨울철 실내 적정온도를 18℃~20℃로 권장하고 있으며 기존연구문헌의 실태조사에서 추정된 실제 사용조건은 21~26℃로 나타낸 바 있다. 하지만 본 연구에서는 공동주택의 실제사용조건⁴⁵⁾을 반영하기 위해서 난방은 24℃, 냉방은 26℃로 설정하였으며 시뮬레이션을 위한 냉방기간은 6월 11일에서 9월 10일까지, 난방기간은 1월에서 3월까지와 11월에서 12월까지 5개월로 설정하였다.

<표 4.4> 냉난방시스템 운전조건

항목	난방	냉방
설정온도	24℃	26℃
상대습도	35%	55%
가동시간	24시간	오전9시 ~ 오후9시
시작일	11월 1일	6월 11일
종료일	3월 31일	9월 10일

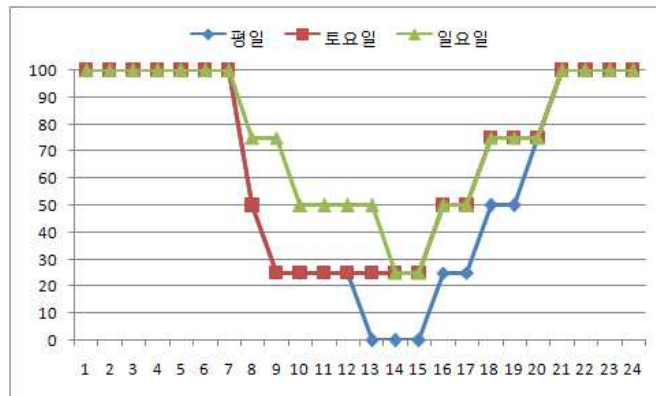
다) 내부발열량 및 스케줄

일반적으로 공동주택 내에서의 내부발열량은 채실자, 조명, 가전기기로 나눌 수 있으며 본 연구에서는 내부발열량 및 사용스케줄을 통계자료 및 기존 연구를 통해 적용하였다.

45) 유호선 외, 한국형 아파트의 난방에너지 분석 1:위치의 영향, 설비공학논문집, Vol.16, No.1, 2004

① 재실자

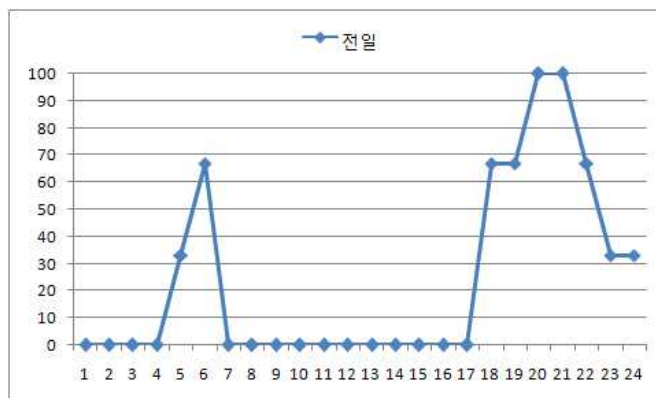
재실자의 경우 연구문헌⁴⁶⁾을 참고하여 4인 가족 기준으로 재실 스케줄은 다음 (그림 4.3)와 같이 설정하였다. 또한 공동주택 같은 가벼운 일을 하는 작업 상태에서의 1인당 인체 발열량⁴⁷⁾은 현열 70W, 잠열 45W인 것으로 나타났다.



(그림 4.3) 공동주택 재실스케줄

② 조명기기

조명기기의 경우 국내통계자료⁴⁸⁾에서 세대 당 총 조명기기 소비전력 평균인 466W로 설정하였으며 조명기기 사용 스케줄⁴⁹⁾은 다음과 (그림 4.4)과 같다.



(그림 4.4) 조명기기 사용스케줄

46) 김광호, THERM/WINDOW와 에너지 시뮬레이션을 이용한 고층 아파트의 커튼월 결로 예측, 설비/공조·냉동·위생 11월호, 2006

47) ASHRAE, Handbook of fundamental, 1997,

48) 에너지관리공단, 2006년 국가에너지종합 분석보고서(가정/상업부문), 2006

49) 김광호, op.cit, p.34~45

③ 가전기기

본 연구에서 사용된 시뮬레이션 도구에서는 기기 및 조명 발열량의 입력 시 소비전력을 입력하는 것으로 구성되어 있어 전력거래소 통계조사⁵⁰⁾를 바탕으로 공동주택 기준으로 가구당 보유대수가 전국평균 0.7대 이상인 가전기기(계절적 가전기기 제외) 소비전력의 총합인 4,842W를 입력 값으로 적용하였으며 기기의 요일별 사용 스케줄은 다음 <표 4.5>와 같다.

<표 4.5> 가전기기별 소비전력 및 사용 스케줄

	소비 전력(w)	1-6	7	8	9	10	11-17	18	19	20	21	22	23	24	주간
TV	149.1	0	50	100	50	0	0	0	50	100	50	0	0	0	월~일
냉장고	62.9	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	월~일
세탁기	506.5	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	월,수,금,일
다리미	1,233.8	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	월,수,금
컴퓨터	153.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	100	100	0	화,수,목,금, 토,일
전기 밥솥	567.8	0	100	60	0	0	0	60	100	0	0	0	0	0	월,화,수,목, 금,토
전자 레인지	1,065.9	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	화,목,토,일
진공 청소기	1,075.3	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	화,목,토,일

라) 환기횟수

본 연구에서는 건물에너지효율등급 인증제도의 표준주택 설정 기준으로 환기량을 설정하였으며, 난방공간의 환기회수 0.7ACH, 비난방공간의 환기회수는 2.0ACH로 설정하였다.

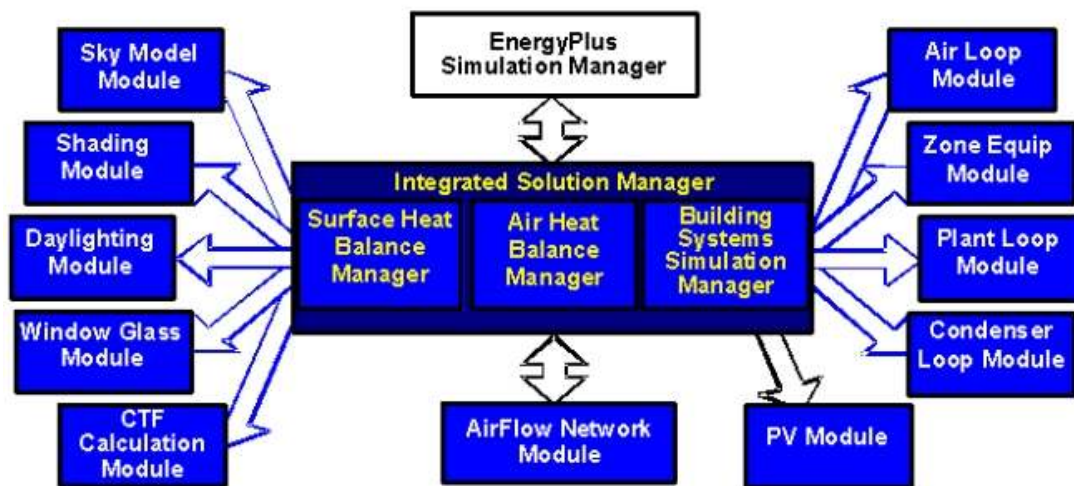
50) 전력거래소, 가전기기보급률 및 가정용전력 소비행태 조사, 2009

4.1.2 시뮬레이션 도구 선정

냉난방 부하 예측식 개발을 위해서는 공동주택의 여러 가지 설계변수에 따른 에너지성능변화 파악이 필요하다. 이러한 건물의 에너지 성능에 대한 다양한 데이터 베이스 구축을 위해 에너지 해석 프로그램을 활용하였다. 본 연구에서는 동적 에너지 해석 프로그램인 DesignBuilder와 EnergyPlus를 이용하였으며, 프로그램에 대한 간략한 설명은 다음과 같다.

(1) EnergyPlus 3.0

EnergyPlus는 90년 중반 미국 에너지성에 의해 개발된 에너지 해석 프로그램으로써 BLAST와 DOE-2의 장점만을 조합하였다. 전도전달함수(Conduction Transfer Function: CTF) 계산기법을 사용하고 있으며 공간의 에너지 평형식과 함께 결합되어 건축 구조물에서 동적 열전달해석 평가도구로 사용되고 있다. (그림 4.5)은 EnergyPlus 프로그램의 구성을 간단하게 나타낸 것으로서, EnergyPlus는 많은 프로그램 모듈들이 서로 결합된 형태의 프로그램이다⁵¹⁾.

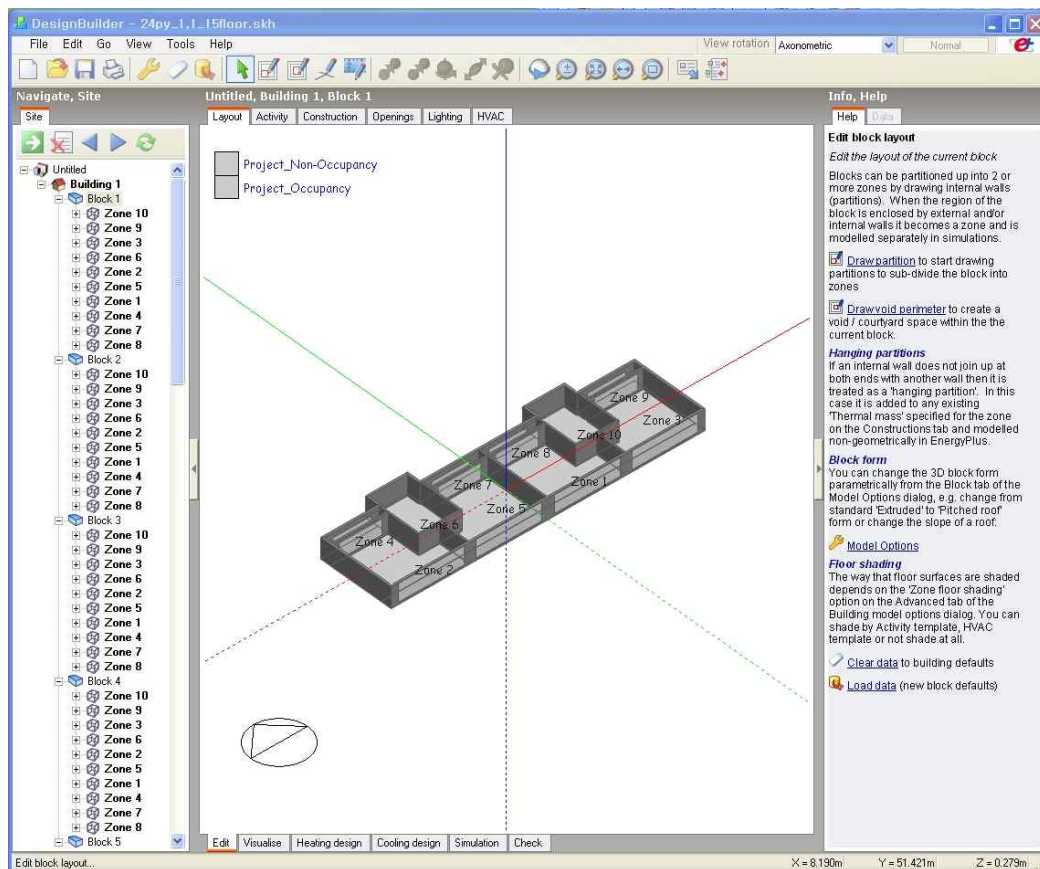


(그림 4.5) Energyplus 프로그램의 구성요소

51) EnergyPlus Manual, Getting Started, p.4~5

(2) DesignBuilder 2.1

Design Builder는 영국의 DesignBuilder사에서 개발된 동적 에너지 시뮬레이션 프로그램으로써 EnergyPlus를 시뮬레이션 엔진으로 갖는다. DesignBuilder는 EnergyPlus의 모델링에 있어서 어려움을 해결하기 위해 모든 모델링 요소들을 시각화하여 사용자가 간편하게 건물 모델링과 공조 시스템 모델링을 할 수 있다. DesignBuilder를 이용해 완성된 대상건물 모델을 EnergyPlus를 이용하여 공조시스템 모델링을 하고 시뮬레이션을 실시한다⁵²⁾.



(그림 4.6) DesignBuilder 모델링 화면

52) 하대웅, 외기전담 공조시스템의 실내 공기질 개선 및 에너지 효율화에 대한 연구, 서울시립대학교 석사학위 논문, 2008, p33

4.2 실험계획법에 의한 시뮬레이션

4.2.1 실험계획법

공동주택의 건축계획요소를 통한 공동주택의 에너지성능을 평가하고, 냉·난방 부하 예측 방정식을 작성하기 위해서는 각 설계변수가 건물의 에너지 성능에 어느 정도 영향을 미치는지를 알아야 한다. 또한 각 설계변수의 영향력을 파악하기 위해서는 다른 인자를 모두 고정하고 하나의 인자를 다양하게 변화시켜 그 결과가 어떻게 변화하는가를 검토해야 한다. 그러나 건물의 에너지성능에 영향을 미치는 많은 설계변수 중 본 논문에서 선정한 10개의 설계변수에 대하여 3수준으로 변화시킨다 하더라도 $3^{10}(=59,049)$ 회의 많은 컴퓨터 시뮬레이션이 요구되어 분석이 거의 불가능하게 된다.

하지만 통계적인 방법인 실험계획법을 이용하면 일부의 실험만을 실시하여도 전체 시뮬레이션 계산치와 동일한 결과를 유도할 수 있으며, 이때 일부 실험 시법의 실험조건을 결정할 수 있도록 만든 표가 직교배열표이다. 3수준의 81회 실험조건을 구성하게 하는 $L_{81}(3^{40})$ 직교배열표는 <표 4.7>와 같다.

따라서, 본 연구에서는 에너지 영향요소의 성능 평가 및 냉·난방 부하 예측 방정식을 작성하기 위하여 직교배열표를 이용하여 실험계획법에 의한 시뮬레이션을 실시하였다.

4.2.2 인자배치 및 시뮬레이션 조건

한편 실험계획법에 의해 설계변수에 대한 성능 평가를 실시하기에 앞서 공동주택의 에너지 성능에 영향을 미치는 요소에 대한 사전 검토를 통하여 설계변수를 선정하였다. 선정된 설계변수로는 평형, 세대조합, 향, 발코니 유무, 전면벽 창면적비, 후면벽 창면적비, 단열재 두께, 단열재 위치, 전면창호 열관류율, 후면창호 열관류율 등 총 10가지이며 <표 4.6>은 냉·난방부하 시뮬레이션을 위해 결정된 설계단계별 설계변수 및 수준이다. 또한 2개 인자의 효과가 서로의 변화에 의해 영향을 받는 것을 고려하기 위해 발코니 유무와

전면 창면적비, 발코니 유무와 후면 창면적비, 전면 창면적비와 전면창호 열관류율, 후면 창면적비와 후면창호 열관류율에 대해서는 교호작용이 있는 것으로 가정하였다. 이러한 직교배열표의 실험조건에 근거하여 81회 시뮬레이션을 위한 변수의 조건을 <표 4.8>과 같이 작성하였다.

<표 4.6> 냉·난방부하 시뮬레이션을 위한 설계단계별 설계변수 및 수준

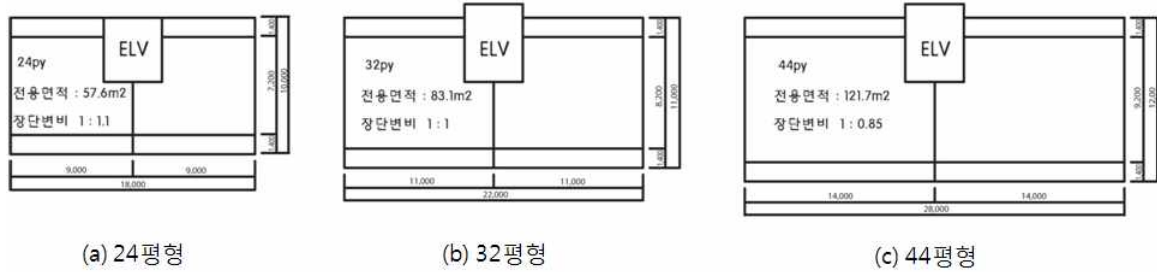
인자	설계변수	0	1	2
A	평형(전용면적)	24평(57.6㎡)	32평(83.1㎡)	44평(121.7㎡)
B	세대조합	2호조합	4호조합	6호조합
C	향	남	남동45	동
D	발코니형태	발코니 끝단 새시 설치 (Type A)	발코니 끝단 새시 미설치 (Type B)	전면 발코니 확장 후면발코니 새시 설치 (Type C)
E	전면 창면적비	40%	60%	80%
F	후면 창면적비	20%	40%	60%
G	단열재두께	65mm	150mm	250mm
H	단열재위치	내단열(0.4ACH)	중단열(0.3ACH)	외단열(0.2ACH)
I	전면창호 열관류율	2.97W/㎡·K (투명이중유리)	1.98W/㎡·K (투명삼중유리)	1.10W/㎡·K (xenon 4중유리)
J	후면창호 열관류율	2.97W/㎡·K (투명이중유리)	1.98W/㎡·K (투명삼중유리)	1.10W/㎡·K (xenon 4중유리)

선정된 10가지 설계변수의 3수준의 시뮬레이션 조건은 다음과 같다.

(1) 평형

공동주택 평형의 경우 앞선 공동주택 현황조사에서 가장 많은 비율을 차지하는 평형을 24평, 32평, 44평으로 나누고 공동주택 도면⁵³⁾을 토대로 평형별 특성을 파악하여 아래 (그림 4.7)과 같이 변화하였다. 공동주택의 경우 평형이 증가에 따른 건물의 측면폭 변화는 적고 전면길이가 증가하기 때문에 평형이 증가 할수록 장단변비가 짧아진다.

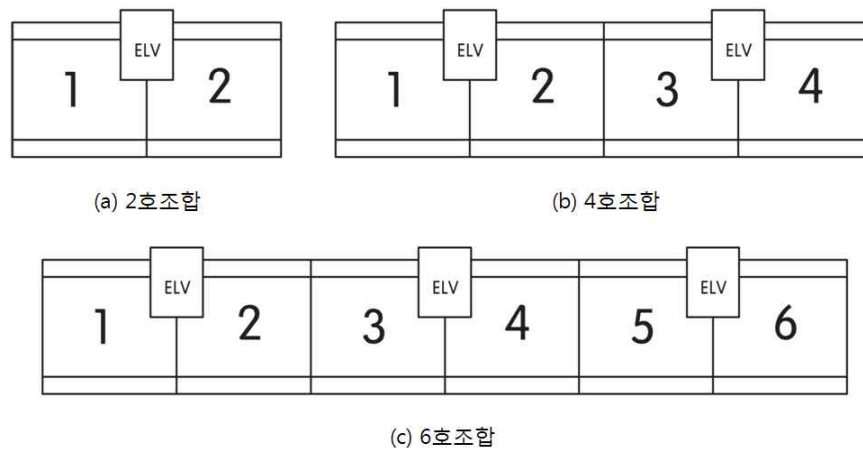
53) 서울특별시 아파트 백과, 세진기획, 2006



(그림 4.7) 평형의 변화조건

(2) 세대조합

세대조합의 경우 아래 (그림 4.8)과 같이 2세대가 1개의 엘리베이터를 공유하는 2호조합을 비롯하여 4호조합, 6호조합으로 변화시켰다.



(그림 4.8) 세대조합의 변화조건

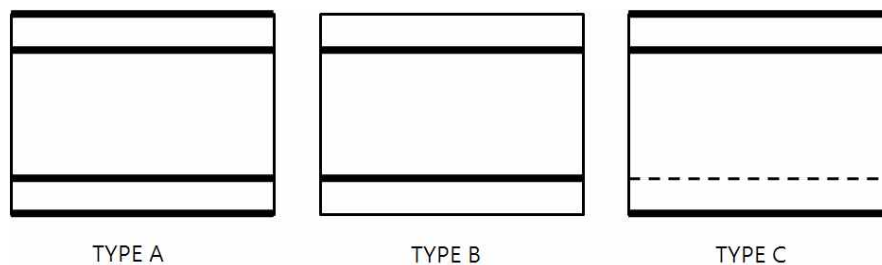
(3) 향

건물의 향에 따라 태양일사량이 달라지므로 건물의 에너지성능에 영향을 미친다. 정남에서 기울어진 각도를 기준으로 서향과 동향은 비슷한 형태를 보이므로⁵⁴⁾ 건물의 향을 남향, 남동향, 동향 세가지로 변화시켜 분석하였다.

54) 나수현, 주택의 에너지 절약 설계기법 및 효율평가에 관한 연구, 중앙대학교 석사학위논문, 1994, p68

(4) 발코니형태

발코니를 활용하기 위한 구조변경은 아래 (그림 4.9)와 같이 3가지 경우로 구분될 수 있다. 먼저 Type A는 가장 보편적인 구조형태로써 실내와 발코니 사이의 창호 및 내력벽을 그대로 두고 전·후면의 발코니 끝단에 새시(sash)유리만 추가로 설치한 것이다. Type B는 전·후면 발코니 공간이 외기와 직접 접하는 공동주택 준공 직후의 원형이다. 마지막으로 Type C는 Type A에서 전면발코니 부분을 확장한 형태이다.



(그림 4.9) 발코니의 변화조건

(5) 전면 창면적비

전면창면적비는 전면 외벽면적에 대한 창면적비를 나타내는 것으로 40%, 60%, 80%으로 변화시켰다. 이때 전면외벽이란 실내와 전면 발코니 사이의 벽을 말하며 전면 발코니 확장의 경우 전면외벽을 외기에 접하는 외벽을 말한다.

(6) 후면 창면적비

후면창면적비는 후면 외벽면적에 대한 창면적비를 나타내는 것으로 최소 20%, 40%, 60%으로 변화시켰다. 이때 후면외벽이란 실내와 후면 발코니 사이의 벽을 말한다.

(7) 단열재두께 및 위치

단열재 두께의 경우 법적 단열기준을 만족시키고 상용화 되어있는 기술력을 바탕으로 단열재 두께를 65mm, 150mm, 250mm로 변화시켰다.

(8) 단열재위치(기밀 성능)

단열재의 위치에 따라 내단열(0.4ACH), 중단열(0.3ACH), 외단열(0.2ACH) 3가지로 구분하여 적용하였으며 단열재의 위치에 따라 기밀성능도 함께 변화하는 것으로 가정하였다.

(9) 전면 창호 열관류율

전면창호의 열관류율은 법적기준을 만족시키며 상용화되어 있는 기술력의 범위인 열관류율 $3.0\text{W/m}^2 \cdot \text{K} \sim 1.0\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ 범위로 적용시키기 위해 다음 범위에 속하는 창호의 종류를 2중 투명유리($2.97\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$), 3중 투명유리($2.97\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$), 4중xenon유리($1.10\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$)로 변화시켰다. 이때 적용되는 전면창호란 실내와 전면 발코니 사이의 창호를 말하며 전면 발코니 확장의 경우 전면외벽을 외기에 접하는 외벽창호를 말한다.

(10) 후면 창호 열관류율

후면 창호의 경우도 전면창호와 같은 성능으로 변화시켰으며 적용된 후면 창호란 후면외벽이란 실내와 후면 발코니 사이의 창호를 말한다.

<표 4.7> 냉·난방부하 시뮬레이션을 위한 직교배열표($L_{81}(3^{40})$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
4	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	
5	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
7	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	
8	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	
9	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	2	2	2	0	0	0	1	1	1	2	2	2	0	0	0	1	1	1	2	2	2	0	0	0	1	1	1	2	2	2
11	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	0	0	0	1	1	1	2	2	2	0	0	0	1	1	2	2	2	0	0	0	
12	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	0	0	0	1	1	1	2	2	2	0	0	0	1	1	1	2	2	0	0	0	1	1	1	1	
13	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	0	0	0	2	2	2	0	0	0	1	1	1
14	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	1	1	1	2	2	2	0	0	0	2	2	2	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	2	2	2
15	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	2	2	2	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	0	0	0	
16	0	1	1	1	2	2	2	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	
17	0	1	1	1	2	2	2	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	2	0	0	0	1	1	1
18	0	1	1	1	2	2	2	0	0	0	1	1	1	2	2	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2
19	0	2	2	2	0	0	0	2	2	2	1	1	1	0	0	0	2	2	2	1	1	1	0	0	0	2	2	2	1	1	1	0	0	0	2	2	2	1	1	1
20	0	2	2	2	0	0	0	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	2	2	2	1	1	0	0	0	2	2	2	
21	0	2	2	2	0	0	0	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	0	0	0	2	2	2	1	1	1	0	0	0	2	2	2	1	1	0	0	0	0	
22	0	2	2	2	1	1	1	0	0	0	2	2	2	0	0	0	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	0	
23	0	2	2	2	1	1	1	0	0	0	2	2	2	1	1	1	0	0	0	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	2	1	1	1	
24	0	2	2	2	1	1	1	0	0	0	2	2	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	2	2	2		
25	0	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	2	2	2	
26	0	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	2	2	2	0	0	0	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	0	0	0	
27	0	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	2	2	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	2	2	2	0	0	0	2	2	2	1	1	
28	1	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	
29	1	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	
30	1	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	
31	1	0	1	2	1	2	0	1	2	0	1	2	0	0	1	2	0	1	2	0	1	2	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1		
32	1	0	1	2	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	2	0	1	2	0	1	2	0	1	0	1	2	0	1	2	0	1	
33	1	0	1	2	1	2	0	1	2	0	1	2	0	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	
34	1	0	1	2	2	0	1	2	0	1	2	0	1	0	1	2	0	1	2	0	1	2	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	
35	1	0	1	2	2	0	1	2	0	1	2	0	1	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	
36	1	0	1	2	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	
37	1	1	2	0	0	1	2	1	2	0	2	0	1	0	1	2	1	2	0	2	0	1	0	1	2	1	2	0	2	0	1	0	1	2	1	2	0	2	0	
38	1	1	2	0	0	1	2	1	2	0	2	0	1	1	2	0	2	0	1	0	1	2	1	2	0	2	0	1	0	1	2	1	2	0	2	0	1	0	1	
39	1	1	2	0	0	1	2	1	2	0	2	0	1	2	0	1	0	1	2	1	2	0	2	0	1	0	1	2	1	2	0	2	0	1	0	1	2	1	2	
40	1	1	2	0	1	2	0	2	0	1	0	1	2	0	1	2	1	2	0	2	0	1	1	2	0	2	0	1	0	1	2	0	2	0	1	0	1	2	0	
41	1	1	2	0	1	2	0	2	0	1	0	1	2	1	2	0	2	0	1	0	1	2	2	0	1	0	1	2	1	2	0	0	1	2	1	2	0	2	0	
42	1	1	2	0	1	2	0	2	0	1	0	1	2	2	0	1	0	1	2	1	2	0	0	1	2	1	2	0	2	0	1	1	2	0	2	0	1	0	1	
43	1	1	2	0	2	0	1	0	1	2	1	2	0	0	1	2	1	2	0	2	0	1	2	0	1	0	1	2	1	2	0	1	2	0	2	0	1	0	1	
44	1	1	2	0	2	0	1	0	1	2	1	2	0	1	2	0	2	0	1	0	1	2	0	1	2	1	2	0	2	0	1	2	0	1	0	1	2	1	2	
45	1	1	2	0	2	0	1	0	1	2	1	2	0	2	0	1	0	1	2	1	2	0	1	2	0	2	0	1	0	1	2	0	1	2	1	2	0	2	0	
46	1	2	0	1	0	1	2	2	0	1	1	2	0	0	1	2	0	0	1	2	0	0	1	2	0	1	1	2	0	0	1	2	0	0	1	2	0	1	2	
47	1	2	0	1	0	1	2	2	0	1	1	2	0	1	2	0	0	1	2	0	0	1	2	0	0	1	1	2	0	0	1	2	0	0	1	2	0	0	1	
48	1	2	0	1	0	1	2	2	0	1	1	2	0	2	0	1	1	2	0	0	1	2	0	1	2	0	1	1	2	0	0	1	2	0	0	1	2	0	0	
49	1	2	0	1	1	2	0	0	1	2	2	0	1	0	1	2	2	0	1	1	2	0	1	2	0	0	1													

<표 4.8> 81회 시뮬레이션 조건

실험 번호	열 번 호									
	1	2	5	9	11	15	18	20	23	40
1	TYPE1	40%	20%	24평	2호	남	65m	내단열	2중	2중
2	TYPE1	40%	20%	24평	2호	남동45	150m	중단열	3중	3중
3	TYPE1	40%	20%	24평	2호	동	250m	외단열	4중	4중
4	TYPE1	40%	40%	32평	4호	남	65m	내단열	3중	4중
5	TYPE1	40%	40%	32평	4호	남동45	150m	중단열	4중	2중
6	TYPE1	40%	40%	32평	4호	동	250m	외단열	2중	3중
7	TYPE1	40%	60%	44평	6호	남	65m	내단열	4중	3중
8	TYPE1	40%	60%	44평	6호	남동45	150m	중단열	2중	4중
9	TYPE1	40%	60%	44평	6호	동	250m	외단열	3중	2중
10	TYPE1	60%	20%	32평	6호	남	150m	외단열	2중	4중
11	TYPE1	60%	20%	32평	6호	남동45	250m	내단열	3중	2중
12	TYPE1	60%	20%	32평	6호	동	65m	중단열	4중	3중
13	TYPE1	60%	40%	44평	2호	남	150m	외단열	3중	3중
14	TYPE1	60%	40%	44평	2호	남동45	250m	내단열	4중	4중
15	TYPE1	60%	40%	44평	2호	동	65m	중단열	2중	2중
16	TYPE1	60%	60%	24평	4호	남	150m	외단열	4중	2중
17	TYPE1	60%	60%	24평	4호	남동45	250m	내단열	2중	3중
18	TYPE1	60%	60%	24평	4호	동	65m	중단열	3중	4중
19	TYPE1	80%	20%	44평	4호	남	250m	중단열	2중	3중
20	TYPE1	80%	20%	44평	4호	남동45	65m	외단열	3중	4중
21	TYPE1	80%	20%	44평	4호	동	150m	내단열	4중	2중
22	TYPE1	80%	40%	24평	6호	남	250m	중단열	3중	2중
23	TYPE1	80%	40%	24평	6호	남동45	65m	외단열	4중	3중
24	TYPE1	80%	40%	24평	6호	동	150m	내단열	2중	4중
25	TYPE1	80%	60%	32평	2호	남	250m	중단열	4중	4중
26	TYPE1	80%	60%	32평	2호	남동45	65m	외단열	2중	2중
27	TYPE1	80%	60%	32평	2호	동	150m	내단열	3중	3중
28	TYPE2	40%	20%	32평	2호	남동45	150m	내단열	2중	4중
29	TYPE2	40%	20%	32평	2호	동	250m	중단열	3중	2중
30	TYPE2	40%	20%	32평	2호	남	65m	외단열	4중	3중
31	TYPE2	40%	40%	44평	4호	남동45	150m	내단열	3중	3중
32	TYPE2	40%	40%	44평	4호	동	250m	중단열	4중	4중
33	TYPE2	40%	40%	44평	4호	남	65m	외단열	2중	2중
34	TYPE2	40%	60%	24평	6호	남동45	150m	내단열	4중	2중
35	TYPE2	40%	60%	24평	6호	동	250m	중단열	2중	3중
36	TYPE2	40%	60%	24평	6호	남	65m	외단열	3중	4중
37	TYPE2	60%	20%	44평	6호	남동45	250m	외단열	2중	3중
38	TYPE2	60%	20%	44평	6호	동	65m	내단열	3중	4중
39	TYPE2	60%	20%	44평	6호	남	150m	중단열	4중	2중
40	TYPE2	60%	40%	24평	2호	남동45	250m	외단열	3중	2중

41	TYPE2	60%	40%	24평	2호	동	65m	내단열	4중	3중
42	TYPE2	60%	40%	24평	2호	남	150m	중단열	2중	4중
43	TYPE2	60%	60%	32평	4호	남동45	250m	외단열	4중	4중
44	TYPE2	60%	60%	32평	4호	동	65m	내단열	2중	2중
45	TYPE2	60%	60%	32평	4호	남	150m	중단열	3중	3중
46	TYPE2	80%	20%	24평	4호	남동45	65m	중단열	2중	2중
47	TYPE2	80%	20%	24평	4호	동	150m	외단열	3중	3중
48	TYPE2	80%	20%	24평	4호	남	250m	내단열	4중	4중
49	TYPE2	80%	40%	32평	6호	남동45	65m	중단열	3중	4중
50	TYPE2	80%	40%	32평	6호	동	150m	외단열	4중	2중
51	TYPE2	80%	40%	32평	6호	남	250m	내단열	2중	3중
52	TYPE2	80%	60%	44평	2호	남동45	65m	중단열	4중	3중
53	TYPE2	80%	60%	44평	2호	동	150m	외단열	2중	4중
54	TYPE2	80%	60%	44평	2호	남	250m	내단열	3중	2중
55	TYPE3	40%	20%	44평	2호	동	250m	내단열	2중	3중
56	TYPE3	40%	20%	44평	2호	남	65m	중단열	3중	4중
57	TYPE3	40%	20%	44평	2호	남동45	150m	외단열	4중	2중
58	TYPE3	40%	40%	24평	4호	동	250m	내단열	3중	2중
59	TYPE3	40%	40%	24평	4호	남	65m	중단열	4중	3중
60	TYPE3	40%	40%	24평	4호	남동45	150m	외단열	2중	4중
61	TYPE3	40%	60%	32평	6호	동	250m	내단열	4중	4중
62	TYPE3	40%	60%	32평	6호	남	65m	중단열	2중	2중
63	TYPE3	40%	60%	32평	6호	남동45	150m	외단열	3중	3중
64	TYPE3	60%	20%	24평	6호	동	65m	외단열	2중	2중
65	TYPE3	60%	20%	24평	6호	남	150m	내단열	3중	3중
66	TYPE3	60%	20%	24평	6호	남동45	250m	중단열	4중	4중
67	TYPE3	60%	40%	32평	2호	동	65m	외단열	3중	4중
68	TYPE3	60%	40%	32평	2호	남	150m	내단열	4중	2중
69	TYPE3	60%	40%	32평	2호	남동45	250m	중단열	2중	3중
70	TYPE3	60%	60%	44평	4호	동	65m	외단열	4중	3중
71	TYPE3	60%	60%	44평	4호	남	150m	내단열	2중	4중
72	TYPE3	60%	60%	44평	4호	남동45	250m	중단열	3중	2중
73	TYPE3	80%	20%	32평	4호	동	150m	중단열	2중	4중
74	TYPE3	80%	20%	32평	4호	남	250m	외단열	3중	2중
75	TYPE3	80%	20%	32평	4호	남동45	65m	내단열	4중	3중
76	TYPE3	80%	40%	44평	6호	동	150m	중단열	3중	3중
77	TYPE3	80%	40%	44평	6호	남	250m	외단열	4중	4중
78	TYPE3	80%	40%	44평	6호	남동45	65m	내단열	2중	2중
79	TYPE3	80%	60%	24평	2호	동	150m	중단열	4중	2중
80	TYPE3	80%	60%	24평	2호	남	250m	외단열	2중	3중
81	TYPE3	80%	60%	24평	2호	남동45	65m	내단열	3중	4중
배치	발코니	전면 창면적비	후면 창면적비	평형	세대조합	향	두께	위치	전면창	후면창

4.2.3 시뮬레이션 결과

81회 시뮬레이션을 위한 변수의 조건에 따라 건물 에너지 해석 프로그램인 EnergyPlus를 이용하여 시뮬레이션을 실시하고, 그 결과를 <표 4.9>에 정리하였다. 시뮬레이션 결과, 연간 난방부하의 평균은 68.17Mcal/m², 연간냉방부하의 평균은 14.85Mcal/m²으로 나타났으며, 직교배열표 및 냉·난방부하 계산 결과는 분산분석을 위한 데이터베이스로 활용하였다.

<표 4.9> 시뮬레이션 결과

번호	난방 부하	냉방 부하	번호	난방 부하	냉방 부하	번호	난방 부하	냉방 부하
1	59.49	16.30	28	66.87	11.71	55	72.78	10.22
2	47.51	18.33	29	59.20	11.69	56	58.64	7.68
3	40.36	18.75	30	57.75	10.41	57	46.79	9.88
4	57.55	10.27	31	72.81	7.59	58	62.95	18.81
5	51.47	11.48	32	57.62	7.66	59	45.11	15.44
6	47.31	14.12	33	68.60	8.41	60	41.33	18.92
7	63.66	6.38	34	70.90	16.04	61	60.32	13.94
8	53.75	9.22	35	63.56	18.70	62	63.83	11.57
9	53.25	10.15	36	54.64	16.85	63	49.62	14.08
10	41.36	13.01	37	60.89	10.77	64	74.64	23.46
11	53.11	12.98	38	74.20	9.32	65	48.21	18.76
12	53.03	13.05	39	59.37	7.89	66	36.61	22.40
13	59.42	10.26	40	63.58	19.61	67	72.80	17.26
14	69.94	11.37	41	78.37	17.76	68	58.87	13.76
15	74.10	14.02	42	65.45	19.09	69	65.95	17.35
16	44.91	16.80	43	60.44	13.53	70	69.92	14.47
17	54.43	19.89	44	98.99	14.46	71	69.77	11.01
18	53.96	19.86	45	76.03	12.56	72	70.41	13.52
19	51.24	9.54	46	84.86	20.95	73	90.28	21.94
20	50.52	10.61	47	65.45	21.15	74	48.91	17.64
21	59.43	9.33	48	58.60	18.54	75	69.13	19.66
22	46.30	18.37	49	78.67	14.87	76	88.15	17.58
23	43.83	19.55	50	68.22	14.99	77	45.55	14.25
24	58.68	21.92	51	82.16	14.79	78	93.71	16.66
25	47.42	11.84	52	96.14	10.04	79	73.86	26.87
26	60.60	15.40	53	94.41	12.91	80	56.81	22.51
27	64.79	14.70	54	104.34	9.55	81	78.56	24.21
(단위 Mcal/m ² · year)						평균	63.17	14.85

4.3 설계변수의 에너지 성능 평가

건물의 에너지 성능은 앞서 선정된 설계변수에 의해 다양하고, 복합적으로 영향을 받게 된다. 이때 다수의 설계변수들 중에서 유의한 변수를 선별하는데 분산분석이 유용하게 사용된다⁵⁵⁾. 따라서 본 연구에서는 분산분석을 실시하고 분산분석 결과값을 바탕으로 설계변수들이 건물의 연간 냉·난방부하에 미치는 효과 및 영향력을 분석하여 설계변수 평가표를 작성하였으며, 이를 통해 설계변수의 상대적인 중요성 파악과 건물의 냉·난방부하를 쉽고 정확하게 계산할 수 있는 방법을 제시⁵⁶⁾하였다.

4.3.1 분산분석

분산분석이란 하나의 종속변수(냉,난방부하 시뮬레이션 결과치)와 하나 이상의 독립변수(설계변수) 사이의 관계가 있는지를 검정하는 기법으로 다수의 변수들 중에서 유의한 변수를 선별하는데 유용한 통계기법이다. 본 연구에서는 각 설계변수의 효과를 계산하기 위하여 $L_{81}(3^{40})$ 직교배열표에 의한 81회의 시뮬레이션을 수행하여 산출된 냉방, 난방부하 결과치를 바탕으로 SPSS 프로그램을 이용한 냉난방 부하에 대한 분산분석을 실시하고, 그 결과인 분산분석표(anova table)를 <표 4.10> ~ <표 4.11>에 제시하였다.

난방부하의 경우, 모든 설계변수가 유의수준 0.05에서 모두 유의한 것으로 나타났으며 발코니와 전면창면적비, 발코니와 후면창면적비에 의한 상호작용에 의한 효과도 유의한 것으로 나타났다.

냉방부하의 경우, 후면 창면적비, 세대조합, 단열재두께, 후면 창호 열관류율의 유의도($Pr>F$)가 유의수준 0.05보다 크기 때문에 통계적으로 냉방부하에 영향을 미치지 않는다고 할 수 있으며 이를 제외한 6가지 변수만이 냉방부하에 유의하다고 할 수 있다. 또한 난방부하와는 달리 발코니와 전면창면적비에 의한 상호작용만이 일어나는 것으로 나타났다.

55) 박성현, 다구찌(田口)방법을 중심으로 한 응용실험계획법, 1994, p22

56) 석호태, 사무소 건물의 에너지 절약을 위한 부하 예측 방정식 및 설계지침 개발에 관한 연구, 서울대학교 박사학위 논문, 1995

<표 4.10> 난방부하에 대한 분산분석표

소스	제 III 유형 제곱합	자유도	평균제곱	F	유의 확률
수정 모형	15,378.891	28	549.246	17.814	0.000
절편	323,261.737	1	323,261.737	10,484.775	0.000
발코니	4,282.523	2	2,141.262	69.450	0.000
전면 창면적비	1,814.187	2	907.094	29.421	0.000
후면 창면적비	906.156	2	453.078	14.695	0.000
평형	1,314.789	2	657.395	21.322	0.000
세대조합	473.582	2	236.791	7.680	0.001
향	1,046.767	2	523.384	16.976	0.000
단열재두께	1,095.843	2	547.921	17.771	0.000
단열재위치	1,907.317	2	953.659	30.931	0.000
전면 창호 열관류율	968.074	2	484.037	15.699	0.000
후면 창호 열관류율	344.632	2	172.316	5.589	0.006
발코니 * 전면창면적비	841.853	4	210.463	6.826	0.000
발코니 * 후면창면적비	383.167	4	95.792	3.107	0.023
오차	1,603.240	52	30.832		
합계	340,243.868	81			
수정 합계	16,982.131	80			

a. R 제곱 = .906 (수정된 R 제곱 = .855)

<표 4.11> 냉방부하에 대한 분산분석표

소스	제 III 유형 제곱합	자유도	평균제곱	F	유의 확률
수정 모형	1,626.778	28	58.099	87.236	0.000
절편	17,872.422	1	17,872.422	26,835.304	0.000
발코니	155.395	2	77.698	116.662	0.000
전면 창면적비	210.018	2	105.009	157.670	0.000
후면 창면적비	1.923	2	0.961	1.444	0.245
평형	1,080.677	2	540.339	811.314	0.000
세대조합	0.537	2	0.269	0.403	0.670
향	84.790	2	42.395	63.656	0.000
단열재두께	0.265	2	0.132	0.199	0.820
단열재위치	7.607	2	3.804	5.711	0.006
전면 창호 열관류율	20.323	2	10.162	15.258	0.000
후면 창호 열관류율	0.212	2	0.106	0.159	0.853
발코니 * 전면창면적비	60.897	4	15.224	22.859	0.000
발코니 * 후면창면적비	4.134	4	1.034	1.552	0.201
오차	34.632	52	0.666		
합계	19,533.832	81			
수정 합계	1,661.410	80			

a. R 제곱 = .979 (수정된 R 제곱 = .968)

4.3.2 설계변수의 에너지 성능 평가

(1) 설계변수의 기여율

냉·난방부하에 대한 각 설계변수의 기여율 ρ_T 는 순변동 SS_T' 이 총변동 SST에 어느 정도 기여하고 있는가를 백분비로 나타낸 것으로서, 설계변수의 기여율이 클수록 실험에서 중요한 요인으로 간주된다.

각 설계변수의 기여율(ratio of contribution)을 구한 식은 다음과 같다.

$$\rho_T(\%) = \frac{SS_T'}{SST} \times 100 \quad (\text{식 4.1})$$

$$SS_T' = SS_T - DF_T \times MSE \quad (\text{식 4.2})$$

$$MSE = \frac{SS_E}{DF_E} \quad (\text{식 4.3})$$

여기서,	ρ_T	: 처리항의 기여율(%)
	SS_T'	: 처리항의 순변동
	SST	: 총제곱합(총변동)
	SS_T	: 처리항의 제곱합
	DF_T	: 처리항의 자유도
	MSE	: 오차의 평균제곱
	SS_E	: 오차의 제곱합
	DF_E	: 오차의 자유도

(2) 설계변수의 영향력

설계변수의 영향력은 각 설계변수의 수준별 평균에서 총평균을 뺀 것으로서, 각 설계변수들이 냉·난방부하에 미치는 효과를 나타낸다.

각 설계변수의 수준별 영향력은 다음 (식 4)~ (식 7)과 같이 구해진다.

여기서 P_{A0} , P_{A1} , P_{A2} 는 설계변수 A가 0, 1, 2 수준일 때의 영향력이고, P_{B0} 는 설계변수 B가 0 수준일 때의 영향력이다. 나머지 설계변수의 수준별 영향력은 동일한 방법으로 구하였다.

$$P_{A0} = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_{27}}{27} - T_m \quad (\text{식 4.4})$$

$$P_{A1} = \frac{Y_{28} + Y_{29} + Y_{30} + \dots + Y_{54}}{27} - T_m \quad (\text{식 4.5})$$

$$P_{A2} = \frac{Y_{55} + Y_{56} + Y_{57} + \dots + Y_{81}}{27} - T_m \quad (\text{식 4.6})$$

$$P_{B0} = \frac{(Y_1 + \dots + Y_9) + (Y_{28} + \dots + Y_{36}) + (Y_{55} + \dots + Y_{63})}{27} - T_m \quad (\text{식 4.7})$$

여기서, $P_{Ai, Bi} \dots$: 각 설계변수의 i 수준에 대한 영향력
 Y_i : 시뮬레이션에 의한 각 실험의 부하 계산치
 T_m : 81회 시뮬레이션에 의한 부하 계산치 총평균

또한 각 설계변수의 교호작용 효과에 대한 영향력을 구한 식은 다음과 같다. 여기서 $P_{A0, B0}$ 는 설계변수 A가 0수준, B가 0수준일 때의 영향력을 나타내며, 나머지 교호작용 효과에 대한 영향력은 동일한 방법으로 구하였다.

$$P_{A0 \cdot B0} = \frac{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_9}{9} - T_m - P_{A0} - P_{B0} \quad (\text{식 4.8})$$

$$P_{A0 \cdot B1} = \frac{Y_{10} + Y_{11} + \dots + Y_{18}}{9} - T_m - P_{A0} - P_{B1} \quad (\text{식 4.9})$$

$$P_{A0 \cdot B2} = \frac{Y_{19} + Y_{20} + \dots + Y_{27}}{9} - T_m - P_{A0} - P_{B2} \quad (\text{식 4.10})$$

여기서, $P_{Ai \cdot Bj} \dots$: 변수 A의 i 수준과 변수 B의 j 수준에서의 교호작용에 의한 영향력

4.3.3 설계변수의 에너지 성능 분석결과

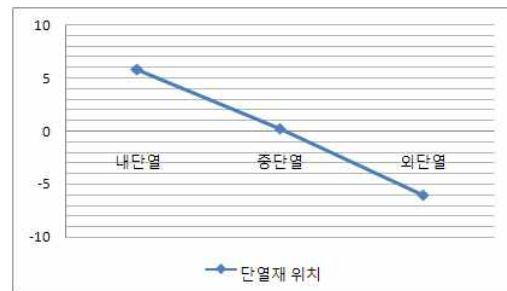
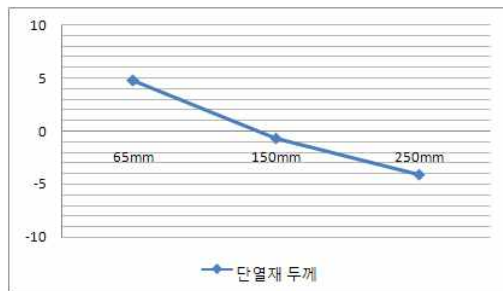
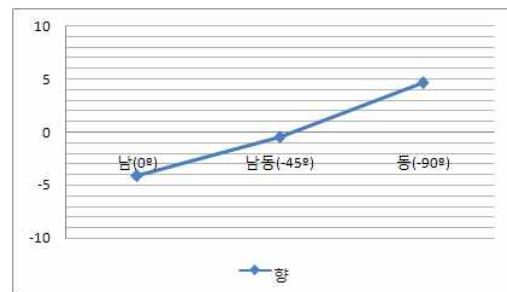
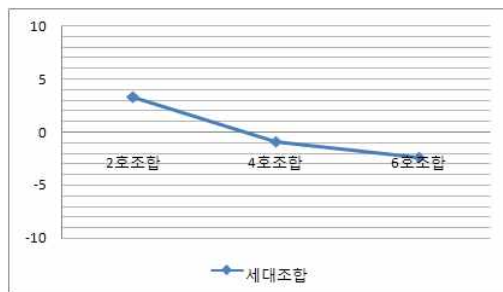
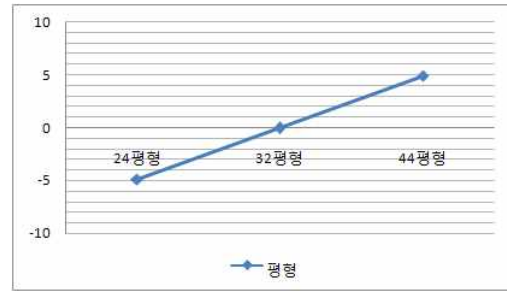
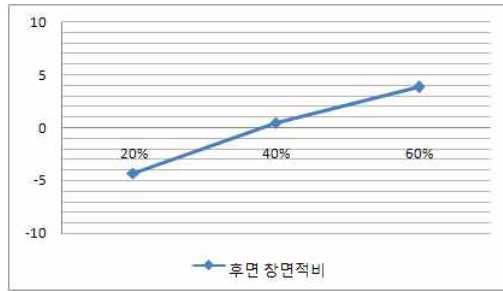
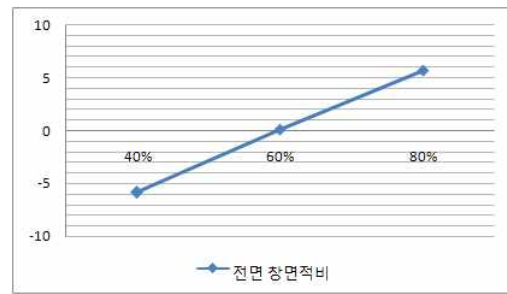
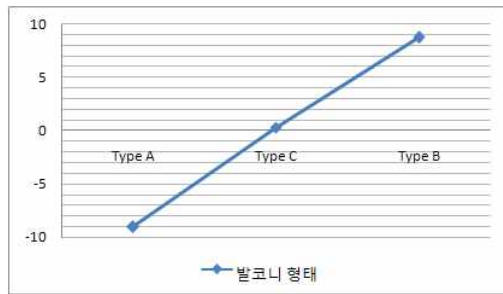
공동주택 에너지 성능 관련 설계변수 중 냉·난방 부하 분산분석표에서 보는 바와 같이 유의도($Pr>F$)가 유의수준 0.05이하로서 수준의 변화가 유의한 설계변수에 대하여 기여율 및 영향력을 계산하고, 이를 바탕으로 냉·난방부하에 대한 설계변수 평가표를 작성하였다.

(1) 난방부하에 대한 에너지 성능 평가

설계변수의 수준 변화에 따라 난방부하의 변화에 미치는 영향을 나타내는 기여율은 발코니의 형태가 약 25%를 차지하여 가장 큰 영향을 미치며, 단열재위치(10.9%), 전면창면적비(10.3%)가 비교적 크게 나타났다. 그 다음으로 평형(7.4%), 단열재두께(6.1%), 향(5.8%), 전면창호 열관류율(5.3%), 후면 창면적비(5.0%)의 순이며, 발코니와 전면창면적비의 상호작용에 의한 효과(4.2%)도 비교적 크게 나타났으며, 나머지 설계변수는 성능변동 범위내에서 난방부하의 변화에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. (그림 4.10)은 각 설계변수의 수준별 난방부하에 대한 영향력을 나타낸 것으로 그림에서 0은 난방부하 평균 $63.17\text{Mcal/m}^2 \cdot \text{년}$ 에 해당하며, (+)는 평균값보다 높음을, (-)는 평균값보다 낮음을 의미한다.

<표 4.12> 난방부하에 대한 설계변수 평가표

설계변수	기여율 %	난방부하에 대한 영향력 ($\text{Mcal/m}^2 \cdot \text{year}$)		
		0수준	1수준	2수준
발코니 형태	24.9%	-9.05	8.76	0.29
전면 창면적비	10.3%	-5.85	0.11	5.74
후면 창면적비	5.0%	-4.31	0.47	3.84
평형	7.4%	-4.92	-0.04	4.95
세대 조합	2.4%	3.30	-0.88	-2.42
향	5.8%	-4.14	-0.49	4.63
단열재 두께	6.1%	4.80	-0.67	-4.13
단열재 위치	10.9%	5.81	0.25	-6.07
전면 창호 열관류율	5.3%	4.08	0.29	-4.37
후면 창호 열관류율	1.7%	2.56	-0.06	-2.50
발코니 * 전면 창면적비 (중:발코니, 횡:창면적비)	4.2%	4.43	1.79	-6.22
		-2.53	-1.23	3.76
		-1.90	-0.56	2.46
발코니 * 후면 창면적비 (중:발코니, 횡:창면적비)	1.5%	0.86	1.91	-2.77
		-2.37	-1.80	4.17
		1.52	-0.11	-1.40



(그림 4.10) 설계변수의 수준별 난방부하에 대한 영향력

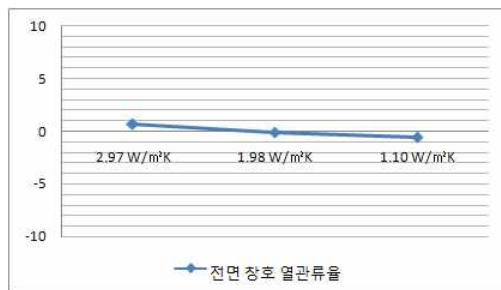
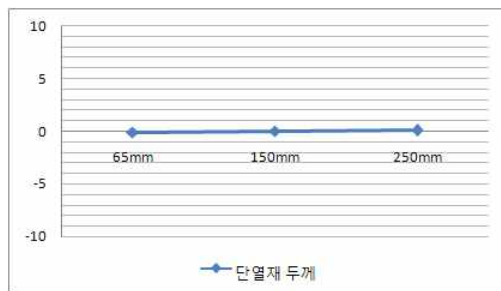
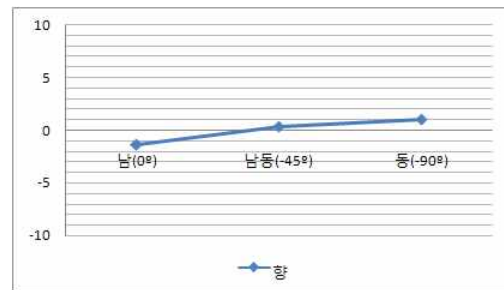
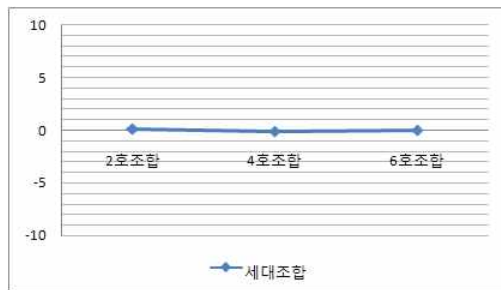
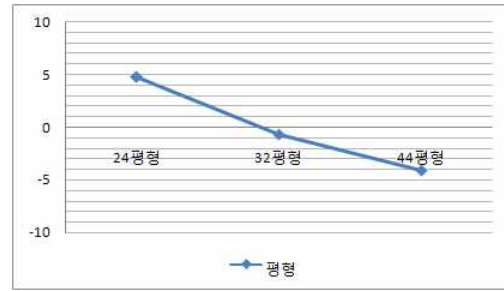
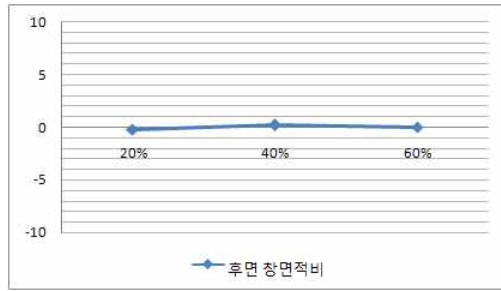
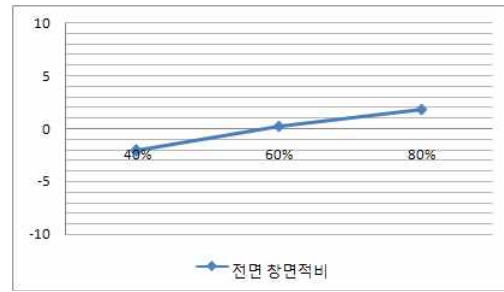
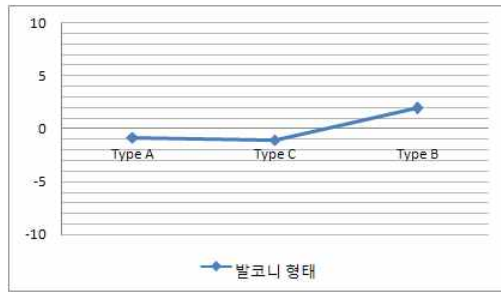
(2) 냉방부하에 대한 에너지 성능 평가

설계변수의 수준 변화에 따른 냉방부하의 변화에 미치는 영향을 나타내는 기여율은 평형이 65%를 차지하여 다른 설계변수들에 비해 월등한 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 전면 창면적비(12.6%), 발코니 형태(9.3%), 향(5.0%)이 비교적 크게 나타났다. 가장 큰 영향을 미치는 평형의 경우, 다른 평형조건에서 전면벽에 대한 같은 창면적비를 가졌어도 평형이 커짐에 따라 단위 면적당 전면 창호 면적비율은 작아져 일사획득이 감소됐기 때문으로 판단된다. 발코니 형태의 경우, 발코니 적용 공동주택은 발코니가 차양의 기능으로써 일사차단을 했기 때문에 냉방부하가 감소하는 것으로 나타났고 건물의 향 역시 일사의 영향이 크다고 볼 수 있다. 따라서 냉방부하는 일사에 큰 영향을 받는다고 볼 수 있다. 그 다음으로 전면창호 열관류율(1.1%), 단열재 위치(0.4%)의 순으로 나타났으나 냉방부하의 변화에 미치는 영향은 미비하다고 할 수 있으며, 나머지 설계변수는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

(그림 4.11)은 각 설계변수의 수준별 냉방부하에 대한 영향력을 나타낸 것으로 그림에서 0은 냉방부하 평균 $14.85\text{Mcal/m}^2 \cdot \text{년}$ 에 해당하며, (+)는 평균값보다 높음을 의미하고 (-)는 평균값보다 낮음을 의미한다.

<표 4.13> 냉방부하에 대한 설계변수 평가표

설계변수	기여율 %	냉방부하에 대한 영향력 ($\text{Mcal/m}^2 \cdot \text{year}$)		
		0수준	1수준	2수준
발코니 형태	9.3%	-0.87	-1.08	1.96
전면 창면적비	12.6%	-2.09	0.27	1.83
평형	65.0%	4.77	-0.67	-4.10
향	5.0%	-1.39	0.35	1.04
단열재 위치	0.4%	-0.41	0.09	0.32
전면 창호 열관류율	1.1%	0.66	-0.10	-0.56
발코니 * 전면 창면적비 (중:발코니, 황:창면적비)	3.5%	0.89	0.33	-1.22
		0.44	-0.15	-0.29
		-1.33	-0.19	1.51



(그림 4.11) 설계변수의 수준별 냉방부하에 대한 영향력

4.3.4 설계변수를 통한 에너지 성능 예측

설계변수의 변화에 의한 건물의 연간 냉·난방부하를 산출하기 위하여 <표 4.12>과 <표 4.13>의 냉·난방부하에 대한 설계변수 평가표를 이용하였다.

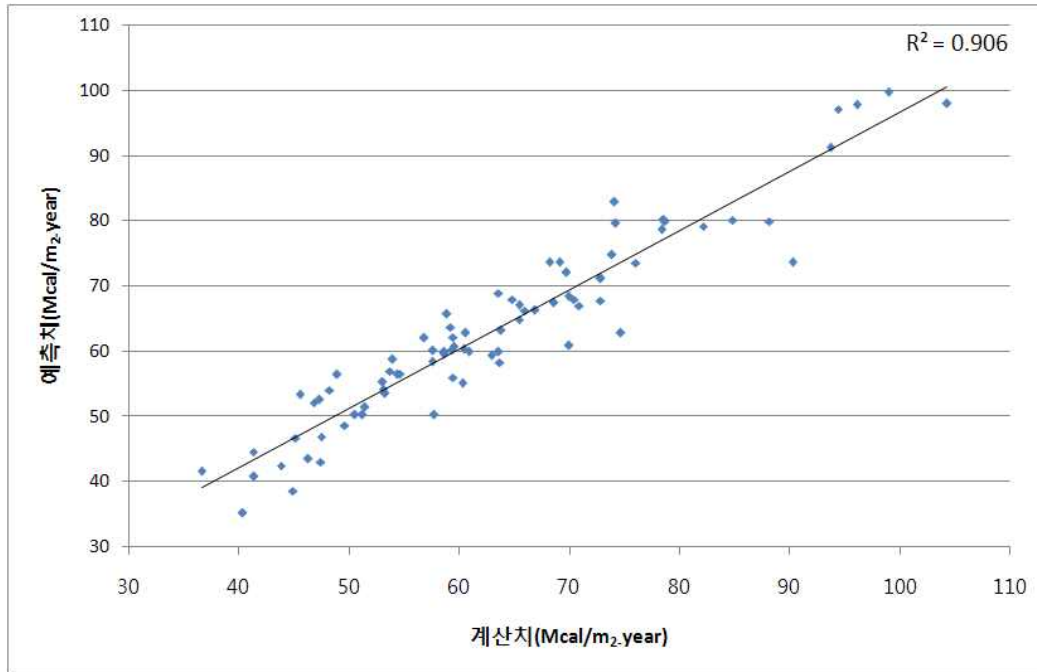
평가표에서는 각 설계변수의 수준별로 영향력을 표시되어 있으며, 부하 평균치(난방부하 63.17Mcal/m²·year, 냉방부하 14.85Mcal/m²·year)에 각 설계변수의 영향력을 가감하여 냉·난방부하를 계산하다. 예를 발코니 유형 Type B, 전면 창면적비 40%, 후면 창면적비 20%, 32평형, 2호조합, 남동 45도, 단열재두께 150mm, 내단열, 전면 창호 열관류율 2.97W/m²·K, 후면 창호 열관류율 1.10W/m²·K의 조건을 가진 공동주택은 다음 표와 같은 방법으로 예측할 수 있다.

<표 4.14> 설계변수 평가표를 이용한 냉·난방부하 예측 사례

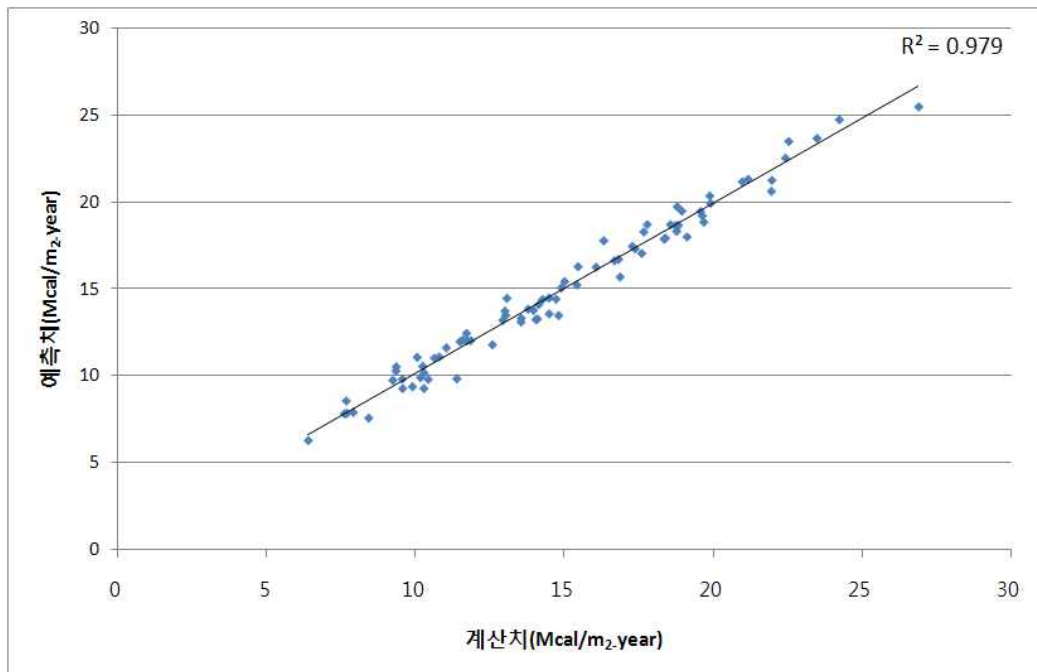
설계변수	조건	수준	난방부하에 대한 영향력 (Mcal/m ² ·year)	냉방부하에 대한 영향력 (Mcal/m ² ·year)
발코니 형태	Type B	1	8.76	-1.08
전면 창면적비	40%	0	-5.85	-2.09
후면 창면적비	20%	0	-4.31	-
평형	32평형	1	-0.04	-0.67
세대 조합	2호조합	0	3.30	-
향	남동 45도	1	-0.49	0.35
단열재 두께	150mm	1	-0.67	-
단열재 위치	내단열	0	5.81	-0.41
전면 창호 열관류율	2.97W/m ² ·K	0	4.08	0.66
후면 창호 열관류율	1.10W/m ² ·K	2	-2.50	-
발코니 * 전면창면적비	-	-	-2.53	0.44
발코니 * 후면창면적비	-	-	-2.37	-
부하총평균			63.17	14.85
합계(냉·난방부하 예측치)			66.36	12.05
시뮬레이션 결과치			66.87	11.71

(그림 4.12)와 (그림 4.13)는 EnergyPlus 프로그램에 의한 81회의 시뮬레이션 결과치와 분산분석 결과로부터 도출된 설계변수 평가표에 의한 예측치와의 비교를 나타낸 것이다. 이들 비교를 통해 설명력을 검토한 결과, 결정계수 R²이 난방부하의 경우 0.906, 냉방부하의 경우 0.979로 비교적 높게

나타나 본 연구에서 제시된 냉·난방부하에 대한 설계변수 평가표로써 냉·난방부하 예측이 가능한 것으로 분석되었다.



(그림 4.12) 난방부하 시뮬레이션 결과치와 예측치 비교



(그림 4.13) 냉방부하 시뮬레이션 결과치와 예측치 비교

4.4 공동주택의 부하 예측 방정식 개발

앞선 설계변수의 에너지성능분석은 각각 3수준의 성능으로 나누고 각각의 성능범위에 대한 영향력을 도출하였다. 분석된 각각의 에너지 영향인자는 수준별 성능변화에 따른 냉·난방부하에 대해 미치는 영향력의 기울기가 완벽한 직선의 형태를 나타내고 있지는 않지만 대체적으로 양 또는 음의 기울기를 가지는 직선의 형태에 가까워 선형 회귀식을 통해 공동주택의 냉난방 부하를 쉽고 정확하게 파악할 수 있는 부하 예측 방정식 도출이 가능하다. 따라서 본 연구에서는 상당한 정도의 정확성을 가진 단순한 건물 부하 예측 방정식을 개발하기 위하여 단계선택법(stepwise)에 의한 선택된 주요 설계변수들을 독립변수로 하고, 냉·난방 부하를 종속변수로 하여 다중회귀분석을 실시하였다.

4.4.1 회귀분석

회귀분석이란 1개 또는 그 이상의 독립변수와 종속변수 사이의 관계를 수학적 함수식을 이용하여 규명하고자 하는 분석방법이며 독립변수의 변화에 따른 종속변수의 변화를 예측하는데 사용된다. 이때 하나의 종속변수와 하나의 독립변수사이의 모형을 단순회귀모형이라고 하며, 하나의 종속변수와 둘 이상의 독립변수들 사이의 선형모형을 다중회귀모형이라 한다. 따라서 본 연구에서는 다중회귀분석을 통해 공동주택 에너지 영향인자라는 독립변수로 냉난방부하라는 종속변수를 예측하고자 한다.

본 연구에서는 앞서 선정된 에너지 영향인자(독립변수)들이 냉난방부하(종속변수)에 선형으로 영향을 미친다고 가정하고 선형회귀분석을 실시하였으며, 변수의 선택은 단계선택법(stepwise)방식을 통해 분석하였다.

단계선택법이란 유의성이 높은 변수순으로 순차적으로 회귀식에 포함시키다가 설명력을 통계적으로 유의한 수준이상으로 개선시키지 못하는 변수는 자동으로 탈락시키고 분석을 종결하는 방법이며 현재 가장 많이 사용되고 있는 독립변수의 선택방법이다⁵⁷⁾.

4.4.2 주요영향요소를 통한 냉난방 부하 예측방정식 도출

본 연구에서 선정된 에너지 영향인자(독립변수)들은 연속형변수(양적인 변수)와 명목형 변수(질적인 변수)로 나눌수 있다. 연속형 변수의 경우, 각각의 수준이 가지는 수량적 특성을 이용하였으며, 명목형 변수에 해당하는 발코니 유무, 세대조합, 단열재위치의 경우 선형회귀를 적합하게 하기 위해 가변수를 2개(a_1 , a_2) 만들어 3수준에 대한 조건을 설정하였다. 다음 <표 4.15>은 명목형 변수의 설정 예이다.

<표 4.15> 명목형 변수 설정 예(발코니)

발코니 = 0수준 이면,	a_1 발코니 = 1,	a_2 발코니 = 0 으로 할당.
발코니 = 1수준 이면,	a_1 발코니 = 0,	a_2 발코니 = 1 으로 할당.
발코니 = 2수준 이면,	a_1 발코니 = -1,	a_2 발코니 = -1 으로 할당.

또한 앞선 분산분석 결과 발코니와 전면창면적비, 발코니와 후면창면적비의 경우 상호작용이 존재하는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 상호작용에 의한 효과까지 분석하고자 위에서 언급한 변수에 대해서 두 개의 변수를 곱해서 새로운 변수를 생성시킨 다음 그 행을 회귀분석 모델에 넣어서 다중회귀분석을 수행하였다.

57) 원태연 외 1인, 통계조사분석, 2010, p369

(1) 난방부하 회귀분석 결과

10가지 영향요소들을 독립변수로 난방부하를 종속변수로 놓고 단계선택법(stepwise)으로 회귀분석을 실시하였으며 결과는 다음 <표 4.16>와 같다.

<표 4.16> 난방부하에 대한 다중회귀분석 결과

모형요약

R	R 제곱	수정된 R 제곱	추정값의 표준오차
0.936	0.876	0.854	5.567

분산분석

	제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
선형회귀분석	14874.98	12	1239.58	40.003	0.000
잔차	2107.15	68	30.99		
합계	16982.13	80			

계수(a)

구분	비표준화 계수 B	표준오차	표준화 계수베타	t	유의확률
(상수)	9.90	4.65		2.128	0.037
a1 단열재위치	5.94	0.76	0.335	7.840	0.000
전면창면적비	0.29	0.04	0.327	7.650	0.000
a1발코니*전면창면적	-0.16	0.01	-0.557	-11.285	0.000
a2발코니*전면창면적	0.08	0.03	0.288	2.933	0.005
평형	0.49	0.08	0.277	6.476	0.000
단열재두께	-0.05	0.01	-0.250	-5.856	0.000
향	0.10	0.02	0.247	5.785	0.000
전면창호열관류율	4.51	0.81	0.238	5.565	0.000
후면창면적비	0.20	0.04	0.230	5.380	0.000
a1세대조합	2.86	0.76	0.161	3.779	0.000
후면창호열관류율	2.70	0.81	0.142	3.335	0.001
a2발코니*후면창면적	0.10	0.04	0.254	2.668	0.010

종속변수의 전체설명력 R^2 (결정계수)이 0.876로 나타나 종속변수의 변화에 87.6%의 예측력을 가지고 있다. 위의 회귀분석 내용을 다중회귀방정식으로 구성하면 다음과 같다.

$$Y = 9.90 + 5.94 X_1 + 0.29 X_2 - 0.16 X_3 + 0.08 X_4 + 0.49 X_5 - 0.05 X_6 \\ + 0.10 X_7 + 4.51 X_8 + 0.20 X_9 + 2.86 X_{10} + 2.70 X_{11} + 0.10 X_{12} \quad (\text{식 4.11})$$

여기서, Y : 난방부하

X₁ : a1단열재위치 (내단열:1, 중단열:0, 외단열:-1)

X₂ : 전면창면적비

X₃ : a1발코니*전면창면적비(발코니가 A Type:1, B Type:0, C Type:-1)

X₄ : a2발코니*전면창면적비(발코니가 A Type:0, B Type:1, C Type:-1)

X₅ : 평형

X₆ : 단열재두께

X₇ : 향

X₈ : 전면창호 열관류율

X₉ : 후면창면적비

X₁₀ : a1세대조합 (2호조합:1, 4호조합:0, 6호조합:-1)

X₁₁ : 후면창호 열관류율

X₁₂ : a2발코니*후면창면적비(발코니가 A Type:0, B Type:1, C Type:-1)

이 회귀식을 이용하여 공동주택의 난방 부하를 간단한 몇가지 변수로 쉽게 예측할 수 있다. 예를 들어 어떤 공동주택의 설계조건이 발코니는 type B, 전면창면적비 40%, 후면창면적비 20%, 32평형, 2호조합, 건물의 향 남동 45도, 단열재두께 150mm, 단열재의 위치 내단열, 전면 창호 열관류율 2.97W/m² · K, 후면창호 열관류율 1.10W/m² · K인 경우에 이 공동주택의 단위 면적당 연간 난방부하는 다음 식을 통해 68.54Mcal로 예측할 수 있다.

$$Y = 9.90 + 5.94*1 + 0.29*40 - 0.16*0 + 0.08*40 + 0.49*32 - 0.05*150 + 0.10*45 + 4.51*2.97 + 0.20*20 + 2.86*1 + 2.70*1.10 + 0.10*20 = 68.54(\text{Mcal/m}^2 \cdot \text{year})$$

(2) 냉방부하 회귀분석 결과

10가지 영향요소들을 독립변수로 냉방부하를 종속변수로 놓고 단계선택법(stepwise)으로 회귀분석을 실시하였으며 결과는 다음 <표 4.17>와 같다.

<표 4.17> 냉방부하에 대한 다중회귀분석 결과

모형요약

R	R 제곱	수정된 R 제곱	추정값의 표준오차
0.965	0.930	0.923	1.268

분산분석

	제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
선형회귀분석	1545.627	8	193.203	120.144	0.000
잔차	115.783	72	1.608		
합계	1661.41	80			

계수 (a)

	비표준화 계수 B	표준오차	표준화 계수베타	t	유의확률
(상수)	20.82	0.88		23.538	0.000
평형	-0.43	0.02	-0.78	-25.153	0.000
전면창면적비	0.10	0.01	0.35	11.350	0.000
a2발코니*전면창면적	-0.02	0.00	-0.20	-5.631	0.000
향	0.03	0.00	0.22	7.041	0.000
a1발코니*전면창면적	-0.05	0.01	-0.59	-4.941	0.000
전면창호열관류율	0.65	0.18	0.11	3.532	0.001
a1발코니	2.30	0.66	0.41	3.494	0.001
a1단열재위치	-0.37	0.17	-0.07	-2.127	0.037

종속변수의 전체설명력 R^2 (결정계수)이 0.930로 나타나 종속변수의 변화에 93%의 예측력을 가지고 있다. 위의 회귀분석 내용을 다중회귀방정식으로 구성하면 다음과 같다.

$$Y = 20.82 - 0.43 X_1 + 0.10 X_2 - 0.02 X_3 + 0.03 X_4 - 0.05 X_5 + 0.65 X_6 + 2.30 X_7 - 0.37 X_8 \quad (\text{식 4.12})$$

여기서, Y : 냉방부하

X₁ : 평형

X₂ : 전면창면적비

X₃ : a2발코니*전면창면적비 (발코니가 A Type:0, B Type:1, C Type:-1)

X₄ : 향

X₅ : a1발코니*전면창면적비 (발코니가 A Type:1, B Type:0, C Type:-1)

X₆ : 전면창호 열관류율

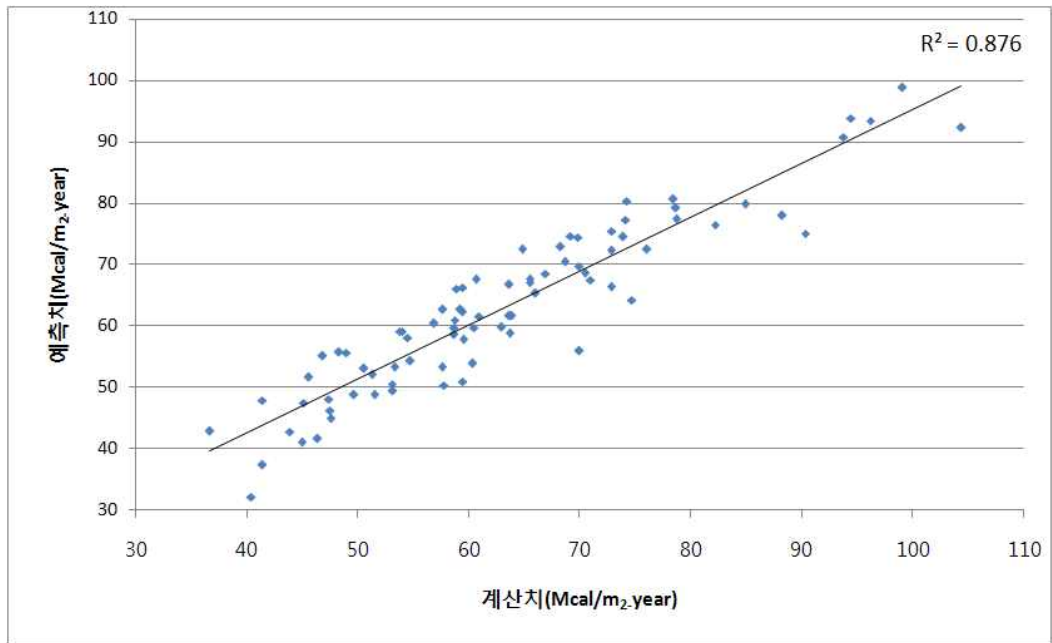
X₇ : a1발코니 (발코니가 A Type:1, B Type:0, C Type:-1)

X₈ : a1단열재위치 (내단열:1, 중단열:0, 외단열:-1)

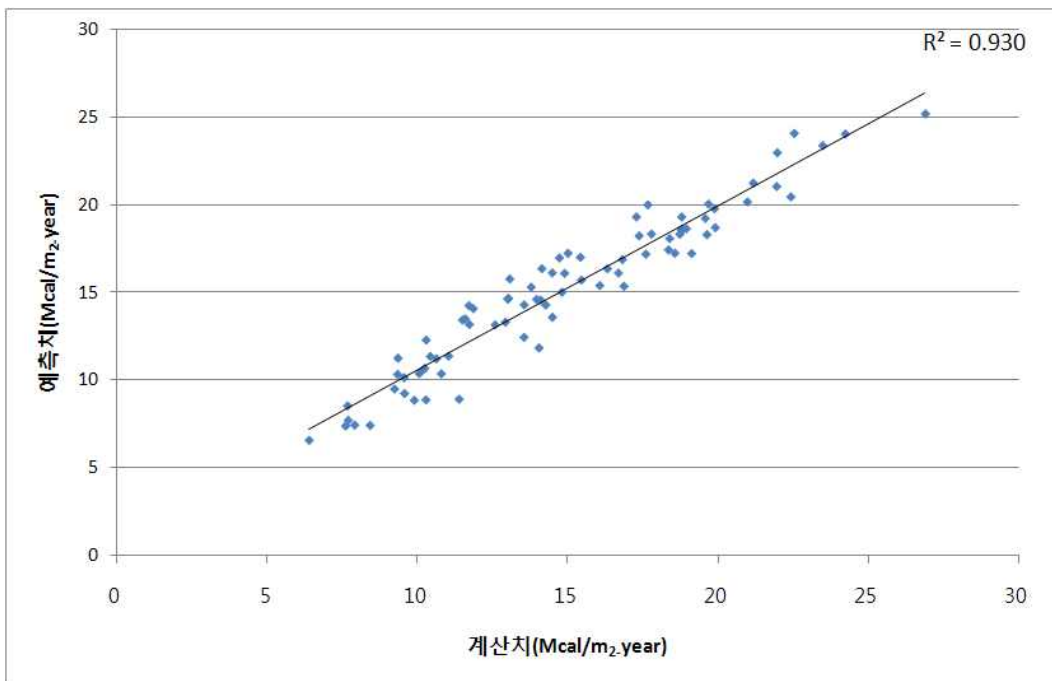
냉방부하 역시 이 회귀식을 이용하여 쉽게 예측할 수 있다. 예를 들어 어떤 공동주택의 설계조건이 발코니는 type B, 전면창면적비 40%, 후면창면적비 20%, 32평형, 2호조합, 건물의 향 남동 45도, 단열재두께 150mm, 단열재의 위치 내단열, 전면 창호 열관류율 2.97W/m²·K, 후면창호 열관류율 1.10W/m²·K인 경우에 이 공동주택의 단위 면적당 연간 냉방부하는 아래와 같이 13.17Mcal로 예측할 수 있다.

$$Y = 20.82 - 0.43*32 + 0.10*40 - 0.02*40 + 0.03*45 - 0.05*0 + 0.65*2.97 + 2.30*0 - 0.37*1 = 13.17 (\text{Mcal/m}^2 \cdot \text{year})$$

(그림 4.14)와 (그림 4.15)는 냉·난방부하를 시뮬레이션 결과치와 부하 예측방정식에 의한 예측치와의 비교를 통하여 설명력을 검토한 결과, 결정계수 R²이 난방부하의 경우 0.876, 냉방부하의 경우 0.930으로 비교적 높게 나타나 본 연구에서 제시된 냉·난방부하에 대한 설계변수 평가표로써 냉·난방부하 예측이 가능한 것으로 분석되었다.



(그림 4.14) 난방부하 시뮬레이션 결과치와 예측치 비교



(그림 4.15) 냉방부하 시뮬레이션 결과치와 예측치 비교

4.5 소결

본 장에서는 3장에서 도출된 공동주택의 에너지 성능에 영향을 미치는 주요한 변수들에 대해 민감도 분석을 실시하여 설계변수가 에너지성능에 미치는 영향력을 분석하였다. 또한 민감도 분석결과를 바탕으로 설계 초기단계에 공동주택의 에너지 성능을 예측할 수 있는 부하 예측 방정식을 도출하였다.

민감도 분석 결과, 각 설계변수의 수준 변화에 따른 냉방부하의 변화에 미치는 영향을 나타내는 기여율은 발코니 형태(24.9%), 단열재 위치(10.9%), 전면 창면적비(10.3%), 평형(7.4%), 단열재두께(6.1%), 향(5.8%), 전면창호 열관류율(5.3%), 후면 창면적비(5.0%)의 순으로 크게 나타났다. 냉방부하의 기여율의 경우 평형(65%)이 다른 설계변수들에 비해 월등히 크며 전면 창면적비(12.6%), 발코니 형태(9.3%), 향(5.0%)순으로 비교적 크게 나타났다. 하지만 이외의 다른 설계변수들의 변화는 상대적으로 냉방부하 변동에 미치는 영향이 미비하거나 미치지 않는 것으로 나타났다. 이를 통해 난방부하 저감을 위해서는 건물의 단열성능 증진이 중요하며, 냉방부하 저감을 위해서는 일사획득 차단이 중요하다는 것을 알 수 있었다.

또한 분석된 각각의 에너지 영향인자는 수준별 변화에 따른 냉·난방부하에 미치는 영향력의 기울기가 완벽한 직선의 형태를 나타내고 있지는 않지만 대체적으로 양 또는 음의 기울기를 가지는 직선의 형태에 가까워 선형회귀식을 통해 부하 예측 방정식을 도출하였다. 도출된 부하 예측 방정식을 이용한 예측치와 시뮬레이션 결과치 비교한 결과 종속변수의 변화에 의한 예측력이 난방부하의 경우 87.6%, 냉방부하의 경우 93%로 비교적 높게 나타나 정밀 에너지 해석 프로그램의 결과에 상응하는 신뢰성을 가지면서 사용이 편리한 도구로서 충분히 활용할 수 있을 것으로 예상된다.

제 5 장 결 론

본 연구는 건축가가 설계초기단계에 건물의 에너지 성능을 평가하는 것을 목적으로, 건축계획요소를 통한 공동주택의 에너지 성능을 예측하는 방안을 제시하였다. 이를 위해 문헌조사를 통해 공동주택의 에너지성능에 영향을 미치는 설계변수들을 선정하였고, 설계변수의 성능 변화에 따른 공동주택 냉·난방 부하변화를 동적 에너지 해석 프로그램인 EnergyPlus을 이용하여 파악하였다. 시뮬레이션 결과 값을 바탕으로 통계적 해석방법인 분산분석을 이용하여 설계변수들의 상대적 중요성인 기여율과 영향력을 분석하였다. 또한 다중회귀분석을 통해 몇가지 중요한 에너지 인자를 통해 공동주택의 부하를 예측 할 수 있는 회귀방정식을 도출하였다.

본 연구에서 도출된 결론은 다음과 같다.

(1) 본 연구에서는 기존 연구문헌을 통하여 에너지 영향인자를 파악하였다. 본 연구는 설계초기단계의 효과적인 에너지절약을 위한 전략수립이 목적이기 때문에 영향인자는 건축계획요소로 한정하였으며 건축계획요소 중 성능 범위의 변동이 크지 않은 계획요소를 제외하고 주요 에너지영향인자를 선정하였다. 선정된 공동주택의 에너지 성능 주요 영향인자는 평형, 세대조합, 향, 발코니유무, 전면창면비, 후면창면적비, 단열재두께, 단열재위치, 전면창호 열관류율, 후면창호 열관류율이다.

(2) 난방부하에 대한 민감도 분석 결과, 설계변수의 수준 변화에 따라 난방부하에 미치는 영향을 나타내는 기여율은 발코니의 형태가 약 25%를 차지하여 가장 큰 영향을 미치며, 단열재위치(10.9%), 전면창면적비(10.3%)가 비교적 크게 나타났다. 또한 발코니 형태와 전면 창면적비의 상호작용에 의한 효과도 비교적 크게 작용하는 것을 알 수 있었다. 이는, 난방부하의 절감

을 위해서는 발코니끝단 새시 설치를 통한 열적 완충공간의 확보와 함께 전면창호의 열관류율을 비롯한 외피의 단열성능을 증가시키는 것이 무엇보다 중요하다고 할 수 있으며, 특히, 열적완충공간의 역할을 하는 발코니가 불가피한 상황으로 설계되지 못했을 때에는 전면창면적비를 최대한 줄여 열손실을 줄이는 것이 효과적인 난방부하를 저감을 위해서 필요하다.

또한 공동주택의 난방부하는 다음 부하예측식에 나타난 설계변수인 전면창면적비, 후면창면적비, 단열재위치, 단열재두께, 세대조합, 발코니형태, 평형, 향, 전면창호열관류율, 후면창호열관류율 통해 도출할 수 있다.

$$Y = 9.90 + 5.94 X_1 + 0.29 X_2 - 0.16 X_3 + 0.08 X_4 + 0.49 X_5 - 0.05 X_6 + 0.10 X_7 + 4.51 X_8 + 0.20 X_9 + 2.86 X_{10} + 2.70 X_{11} + 0.10 X_{12}$$

여기서, Y : 난방부하

X₁ : a1단열재위치 (내단열:1, 중단열:0, 외단열:-1)

X₂ : 전면창면적비

X₃ : a1발코니*전면창면적비(발코니가 A Type:1, B Type:0, C Type:-1)

X₄ : a2발코니*전면창면적비(발코니가 A Type:0, B Type:1, C Type:-1)

X₅ : 평형

X₆ : 단열재두께

X₇ : 향

X₈ : 전면창호 열관류율

X₉ : 후면창면적비

X₁₀ : a1세대조합 (2호조합:1, 4호조합:0, 6호조합:-1)

X₁₁ : 후면창호 열관류율

X₁₂ : a2발코니*후면창면적비(발코니가 A Type:0, B Type:1, C Type:-1)

(3) 난방부하의 경우, 설계변수의 수준 변화에 따른 난방부하에 미치는 영향을 나타내는 기여율은 평형이 65%를 차지하여 다른 설계변수들에 비해 월등한 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 전면 창면적비(12.6%), 발코니 형태(9.3%), 향(5.0%)이 비교적 크게 나타났다. 가장 큰 영향을 미치는 평형의

경우, 평형이 커짐에 따라 단위 면적당 전면 창호 면적비율이 작아져 일사획득이 감소됐기 때문으로 판단되다. 또한 전면 발코니 형태의 경우, 발코니 적용 공동주택은 발코니가 차양의 기능으로써 일사차단을 했기 때문에 냉방부하가 감소하는 것으로 나타났고, 건물의 향 역시 일사의 영향이 크다고 볼 수 있다. 따라서 냉방부하는 일사에 의한 영향이 크다고 볼 수 있으며, 냉방부하 저감을 위해서는 일사차단을 위한 적정 차양장치의 설계가 필수적이라 할 수 있다.

또한 공동주택의 냉방부하는 다음 부하예측식에 나타난 설계변수인 전면창면적비, 발코니, 평형, 향, 전면창호 열관류율, 단열재 위치를 통해 도출할 수 있다.

$$Y = 20.82 - 0.43 X_1 + 0.10 X_2 - 0.02 X_3 + 0.03 X_4 - 0.05 X_5 + 0.65 X_6 + 2.30 X_7 - 0.37 X_8$$

여기서, Y : 냉방부하

X₁ : 평형

X₂ : 전면창면적비

X₃ : a2발코니*전면창면적비(발코니가 A Type:0, B Type:1, C Type:-1)

X₄ : 향

X₅ : a1발코니*전면창면적비(발코니가 A Type:1, B Type:0, C Type:-1)

X₆ : 전면창호 열관류율

X₇ : a1발코니(발코니가 A Type:1, B Type:0, C Type:-1)

X₈ : a1단열재위치(내단열:1, 중단열:0, 외단열:-1)

(4) 부하예측방정식의 정확성을 검증하기 위해 냉·난방부하를 시뮬레이션 결과치와 부하예측방정식에 의한 예측치와의 비교 검토한 결과, 종속변수의 전체설명력 R²(결정계수)이 난방부하의 경우 0.876, 냉방부하의 경우 0.930으로 비교적 높게 나타나, 도출된 부하예측방정식이 설계초기단계에 건물의 에너지 성능을 파악하는데 타당한 도구임을 확인했다.

(5) 본 연구에서는 공동주택을 대상으로 설계초기단계에 건축설계자가 다양한 설계대안의 에너지 성능을 쉽게 확인 할 수 있는 부하예측식을 개발한 후 타당성을 검증하였다. 따라서 건축설계자가 이들 부하예측식에 포함된 다양한 설계변수들에 대해서 설계 초기단계에서 충분히 고려하고 부하예측식을 통한 설계안의 성능을 검토하는 과정을 거친다면, 효과적인 에너지 절약 공동주택 설계가 가능할 것으로 판단된다.

본 연구를 바탕으로 실시되어야 할 추후 연구는 다음과 같다.

(1) 본 연구에서는 도출된 부하예측방정식은 10가지의 설계변수와 설계변수의 성능범위 수준 안에서만 신뢰할 수 있을 만한 정확성을 가진 예측이 가능하다. 따라서 다양한 설계 대안에 대해서 보다 정확한 성능파악을 위해서는 설계변수의 다양화와 성능수준의 세분화가 필요하다.

(2) 본 연구에 의해 도출된 부하예측방정식은 서울지역 기상데이터를 이용하여 도출됐기 때문에 적용 가능한 지역 역시 서울지역으로 한정되었다. 따라서 추후에서는 우리나라 다양한 지역의 기후를 이용한 연구를 통해 다양한 지역에서도 적용가능한 부하예측방정식의 개발이 필요할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

[국내문헌]

1. 강재식 외 2명, 공동주택의 난방에너지 소비특성에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, Vol11, No.7, 1995
2. 건설교통부, 판매시설 및 사무소 건축물의 에너지 절약 설계 기준, 1994
3. 국가통계포털(KOSIS), 아파트 주거환경통계
4. 김광호, THERM/WINDOW와 에너지 시뮬레이션을 이용한 고층 아파트의 커튼월 결로 예측, 설비/공조·냉동·위생 11월호, 2006
5. 김명선 외 4명, 주택성능등급과 친환경건축물인증의 평가방법 비교를 통한 개선안 연구, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, 2009
6. 김옥, Cool Roof 시스템의 성능기준 및 설계지침에 관한 연구, 중앙대학교 대학원 박사학위 논문, 2010
7. 김장한, 초고층 주거건물의 에너지 성능 분석에 관한 연구, 영남대학교 대학원 석사학위논문, 2004
8. 김필현, 공동주택 에너지 소비의 적정성 분석 및 개선방안 연구, 한남대학교 정보산업대학원 석사학위 논문, 2000
9. 나수현, 주택의 에너지 절약 설계기법 및 효율평가에 관한 연구, 중앙대학교 석사학위논문, 1994
10. 대림산업 기술연구소 주거환경 연구센터 준공, 대림기술정보, 2006
11. 박경석, 건물 에너지 성능 평가를 위한 건물 총량 에너지 기준 제시에 관한 연구, 광운대학교 대학원 석사학위논문, 2006
12. 박대선, 로이창호의 일사획득계수에 따른 건물에너지 성능평가 연구, 한밭대 산업대학원 석사학위논문, 2008
13. 박성득, 공동주택의 주동형식 및 창면적비에 따른 건물에너지효율등급에 관한 연구, 한양대학교 대학원 석사학위논문, 2010
14. 박성현, 다구찌(田口)방법을 중심으로 한 응용실험계획법, 1994

15. 박용승, 공동주택의 발코니가 열부하에 미치는 영향분석, 경희대학교 대학원 석사학위논문, 2001
16. 박유원 외 2명, 한국형 아파트의 난방에너지 분석 3 : 실내설정조건의 영향, 설비공학 논문집, 제17권, 제 8호, 2005
17. 박진우 외 2명, 공동주택의 자연환기 성능평가, 대한설비공학회 하계학술발표회 논문집, 2001
18. 산업자원부, 건물의 에너지원단위 기준(안)연구, 1999
19. 산업자원부, 에너지 절약형 건물의 성능인증기준·제도 및 보급촉진 방안 연구, 2001
20. 상공자원부, 건물의 에너지절약형 외피단열시스템 개발 연구기획, 1993
21. 서울특별시 아파트 백과, 세진기획, 2006
22. 서정민 외 4인, 공동주택의 발코니 확장이 실내온열환경 및 냉난방 부하에 미치는 영향, 대한설비공학회 논문집, Vol.19, No.5, 2007
23. 석호태, 사무소 건물의 에너지 절약을 위한 부하 예측 방정식 및 설계지침 개발에 관한 연구, 서울대학교 박사학위 논문, 1995
24. 송승영 외 1인, 건물에너지효율등급인증제도 개선방향에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2007
25. 심윤희, 서울지역 공동주택의 난방에너지 표준사용량 산정에 관한 연구, 광운대학교 대학원 석사학위논문, 2006
26. 에너지경제연구원, 에너지통계연보, 2009
27. 에너지관리공단, 2006년 국가에너지종합 분석보고서(가정/상업부문), 2006
28. 오성진, 공동주택 지붕디자인 유형과 거주자 선호에 관한 연구, 아주대학교 석사학위 논문, 2004
29. 원종서 외 1인, 주거용 건물의 유형에 따른 환경조절요구에 대한 분석, 대림기술정보, 2005.
30. 원태연 외 1인, 통계조사분석, 2010
31. 유호선 외 2인, 한국형 아파트의 냉난방 에너지에 미치는 제 인자의 영향, 대한설비공학회 논문집, Vol.14, No.11, 2002

32. 유호선 외, 한국형 아파트의 난방에너지 분석 1:위치의 영향, 설비공학논문집, Vol.16, No.1, 2004
33. 윤종호, 공동주택의 에너지 자립을 위한 핵심요소기술의 에너지 성능평가, 한국태양에너지학회, 논문집 Vol.27, No.3, 2007
34. 임도요 외 4인, 국내 공동주택 난방부하저감 목표에 따른 외피성능 기준에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, Vol.27, No.1 2007
35. 전력거래소, 가전기기보급률 및 가정용전력 소비행태 조사, 2009
36. 최보혜, 외단열 시스템 적용에 따른 공동주택 외피의 에너지성능 평가, 이화여자대학교 대학원 석사학위논문, 2009
37. 태원진, 냉방부하 최소화를 위한 지붕의 최적기울기에 관한 연구, 한국태양에너지학회 논문집, Vol.25, No.4, 2005
38. 하대웅, 외기전담 공조시스템의 실내 공기질 개선 및 에너지 효율화에 대한 연구, 서울시립대학교 석사학위 논문, 2008
39. 한국건설기술연구원, 공동주택의 환경성능 향상 연구, 1991
40. 한국에너지정보센터, 에너지총설, 2003

[국외문헌]

1. ASHRAE, Handbook of fundamental, 1997,
2. EnergyPlus Manual, Getting Started
3. IEA, World Energy outlook 2009, 2009
4. Norbert Lechner, Heating, Cooling, Lighting Sustainable Design Methods for Architect ,Third Edition, John Wiley & Sons, 2009

[Web Site]

1. www.europeanpassivehouses.org
2. 한글라스 홈페이지, <http://www.hanglas.co.kr/>
3. 에너지관리공단 홈페이지, <http://www.kemco.or.kr>
4. 통계청 홈페이지, <http://www.kostat.gr.kr>

국 문 초 록

공동주택 설계초기단계에서의 에너지 성능평가를 위한 부하 예측식 개발에 관한 연구

손 우 진

중앙대학교 대학원

건축학과 건축환경 및 설비전공

지도교수 이 언 구

본 연구는 공동주택을 대상으로 설계초기단계에 건축설계자가 건물의 에너지성능평가에 대한 전문적 지식이 없이도 설계안의 에너지 성능을 쉽게 확인함으로써, 다양한 설계 대안에 대한 의사결정수단으로 활용할 수 있는 에너지 성능 평가 방안을 제시하였다.

설계초기단계에 공동주택의 에너지 성능평가를 위해, 문헌 및 사례조사를 실시하여 공동주택의 에너지 성능에 영향을 미치는 건축계획요소 및 성능범위를 도출하였다. 도출된 건축계획요소에 대해서 적은 실험횟수로 주 효과에 대한 정보를 제공해 주는 통계적 방법 중 하나인 실험계획법을 이용해 실험을 실시하고 민감도 분석을 통해 건축계획요소의 에너지 성능에 대한 영향력을 파악하였다. 또한 통계적 분석기법 중 하나인 다중회귀분석을 이용해 주요 건축계획요소를 통한 공동주택의 에너지 성능을 예측할 수 있는 부하예측방정식을 제시하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 본 연구에서는 기존 연구문헌을 통하여 에너지 영향인자를 파악하였다. 선정된 공동주택의 에너지 성능 주요 영향인자는 평형, 세대조합, 향, 발

코니유무, 전면창면적비, 후면창면적비, 단열재두께, 단열재위치, 전면창호 열관류율, 후면창호 열관류율이다.

(2) 난방부하에 대한 민감도 분석 결과, 설계변수의 수준 변화에 따라 난방부하에 미치는 영향을 나타내는 기여율은 발코니 형태 > 단열재위치 > 전면창면적비 > 평형 > 단열재 두께 > 향 > 전면 창호 열관류율 > 후면 창면적비 > 세대조합 > 후면 창호 열관류율 순으로 나타났으며, 따라서 난방부하의 절감을 위해서는 발코니끝단 새시 설치를 통한 열적 완충공간의 확보와 함께 전면창호의 열관류율을 비롯한 외피의 단열성능을 증가시키는 것이 무엇보다 중요하다.

또한 공동주택의 난방부하는 다음 부하 예측식에 나타난 설계변수인 전면창면적비, 후면창면적비, 단열재위치, 단열재두께, 세대조합, 발코니형태, 평형, 향, 전면창호 열관류율, 후면창호 열관류율 통해 도출할 수 있다.

$$Y = 9.90 + 5.94 X_1 + 0.29 X_2 - 0.16 X_3 + 0.08 X_4 + 0.49 X_5 - 0.05 X_6 + 0.10 X_7 + 4.51 X_8 + 0.20 X_9 + 2.86 X_{10} + 2.70 X_{11} + 0.10 X_{12}$$

여기서, Y : 난방부하

X₁ : a1단열재위치 (내단열:1, 중단열:0, 외단열:-1)

X₂ : 전면창면적비

X₃ : a1발코니*전면창면적비(발코니가 A Type:1, B Type:0, C Type:-1)

X₄ : a2발코니*전면창면적비(발코니가 A Type:0, B Type:1, C Type:-1)

X₅ : 평형

X₆ : 단열재두께

X₇ : 향

X₈ : 전면창호 열관류율

X₉ : 후면창면적비

X₁₀ : a1세대조합 (2호조합:1, 4호조합:0, 6호조합:-1)

X₁₁ : 후면창호 열관류율

X₁₂ : a2발코니*후면창면적비(발코니가 A Type:0, B Type:1, C Type:-1)

(3) 냉방부하에 대한 민감도 분석결과, 설계변수의 수준 변화에 따른 냉방 부하에 미치는 영향을 나타내는 기여율은 평형 > 전면 창면적비 > 발코니 형태 > 향 > 전면 창호 열관류율 > 단열재 위치 순으로 나타났다. 따라서 냉방 부하는 일사에 의한 영향이 크다고 볼 수 있으며, 냉방부하 저감을 위해서는 일사차단을 위한 적정 차양장치의 설계가 필수적이라 할 수 있다.

또한 공동주택의 냉방부하는 다음 부하 예측식에 나타난 설계변수인 전면 창면적비, 발코니, 평형, 향, 전면창호 열관류율, 단열재 위치를 통해 도출할 수 있다.

$$Y = 20.82 - 0.43 X_1 + 0.10 X_2 - 0.02 X_3 + 0.03 X_4 - 0.05 X_5 + 0.65 X_6 + 2.30 X_7 - 0.37 X_8$$

여기서, Y : 냉방부하

X₁ : 평형

X₂ : 전면창면적비

X₃ : a2발코니*전면창면적비(발코니가 A Type:0, B Type:1, C Type:-1)

X₄ : 향

X₅ : a1발코니*전면창면적비(발코니가 A Type:1, B Type:0, C Type:-1)

X₆ : 전면창호 열관류율

X₇ : a1발코니(발코니가 A Type:1, B Type:0, C Type:-1)

X₈ : a1단열재위치(내단열:1, 중단열:0, 외단열:-1)

(4) 본 연구에서는 공동주택을 대상으로 설계초기단계에 건축설계자가 다양한 설계대안의 에너지 성능을 쉽게 확인 할 수 있는 부하예측식을 개발한 후 타당성을 검증하였다. 따라서 건축설계자가 이들 부하예측식에 포함된 다양한 설계변수들에 대해서 설계 초기단계에서 충분히 고려하고 부하예측식을 통한 설계안의 성능을 검토하는 과정을 거친다면, 효과적인 에너지 절약 공동주택 설계가 가능할 것으로 판단된다.

ABSTRACT

A Development of a Energy Performance Evaluation Method Applicable during the Early Design stage of Multi-Family Houses

Son, Woo Jin

Department of Architecture

The Graduate School of Chung-Ang University

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

In this research with the Multi-Family houses selected as the subject, the energy performance of design was easily confirmed without specialized knowledge on energy performance evaluation of the building and thus measures to evaluate the energy performance were proposed as methods for decision-making of diverse design alternatives.

In early design stage, for evaluation of the energy performance of the Multi-Family houses, literatures and cases were examined in order to deduct factors of building plan and performance range having influence on the energy performance of the Multi-Family houses. As for the factors of building plan deducted, the method of experimental design, one of the statistical methods providing information on main effect with small number of experiments, was used to perform the experiments, and its influence on the energy performance of building plan factors was seized through sensitivity analysis. In addition, multiple regression analysis, one of the statistical analysis methods, was used to propose an load-predicting

equation capable of predicting the energy performance of the Multi-Family houses through main factors of the building plan.

The research results can be summarized as follows.

(1) Based on intensive literature search, many strategies are narrowed down to 10 strategies which mainly affect energy performance. These include the unit area, unit combination, orientation, balcony shape, area ratio of facade window, area ratio of rear window, thickness of insulation, location of insulation, performance of facade window and performance of rear window.

(2) As a result of analyzing sensitivity of heating load, the contribution ratio indicating influence on heating load depending on level change of design variable was shown in the following order; balcony shape > location of insulation > area ratio of front window > unit area > thickness of insulation > orientation > performance of facade window > area ratio of rear window > unit combination > performance of rear window. Therefore, it is important than anything else to enhance insulation performance of envelope including heat transmission of front windows, and secure space for thermal performance through installation of sash on the balcony end in order to reduce the heating load.

In addition, heating load of the Multi-Family houses can be deducted through the following design variables indicated in the load-predicting equation; area ratio of front window, area ratio of rear window, location of insulation, thickness of insulation, unit combination, balcony shape, unit area, orientation, performance of

facade window and performance of rear window.

$$Y = 9.90 + 5.94 X_1 + 0.29 X_2 - 0.16 X_3 + 0.08 X_4 + 0.49 X_5 - 0.05 X_6 \\ + 0.10 X_7 + 4.51 X_8 + 0.20 X_9 + 2.86 X_{10} + 2.70 X_{11} + 0.10 X_{12}$$

Y : heating load

X₁ : a1 · location of insulation (inside:1, middle:0, outside:-1)

X₂ : area ratio of front window

X₃ : a1 · valcony shape * area ratio of front window
(valcony shape; A Type:1, B Type:0, C Type:-1)

X₄ : a2 · valcony shape * area ratio of front window
(valcony shape; A Type:0, B Type:1, C Type:-1)

X₅ : unit area

X₆ : thickness of insulation

X₇ : orientation

X₈ : performance of facade window

X₉ : area ratio of rear window

X₁₀ : a1 · unit combination (2unit:1, 4unit:0, 6unit:-1)

X₁₁ : performance of rear window

X₁₂ : a2valcony shape * area ratio of rear window
(valcony shape; A Type:0, B Type:1, C Type:-1)

(3) As a result of analyzing sensitivity of cooling load, the contribution ratio indicating influence on cooling load depending on level change of design variable was shown in the following order; unit area, area ratio of front window, valcony shape, orientation, performance of facade window, location of insulation. Therefore, the influence of solar radiation on cooling load is substantial and that the design of an appropriate shading device is essential to shut out the solar radiation.

In addition, heating load of the Multi-Family houses can be

deducted through the following design variables indicated in the load–predicting equation; area ratio of front window, valcony shape, unit area, orientation, performance of facade window and location of insulation.

$$Y = 20.82 - 0.43 X_1 + 0.10 X_2 - 0.02 X_3 + 0.03 X_4 - 0.05 X_5 + 0.65 X_6 + 2.30 X_7 - 0.37 X_8$$

Y : cooling load

X₁ : unit area

X₂ : area ratio of front window

X₃ : a2 • valcony shape * area ratio of front window
(valcony shape; A Type:0, B Type:1, C Type:–1)

X₄ : orientation

X₅ : a1 • valcony shape * area ratio of front window
(valcony shape; A Type:1, B Type:0, C Type:–1)

X₆ : performance of facade window

X₇ : a1 • valcony shape
(valcony shape; A Type:1, B Type:0, C Type:–1)

X₈ : a1 • location of insulation (inside:1, middle:0, outside:–1)

(4) In this research with the Multi–Family houses selected as the subject, the load–predicting equation allowing architects in early design stage to easily confirm the energy performance of diverse design alternatives was developed and its validity was verified. Therefore, if the architects are to sufficiently consider the diverse design variables included in such load–predicting equation in the early design stage, and reviewing the performance of the design through such load–predicting equation, it would be possible to design an Multi–Family houses capable of saving the energy effectively.