

건축적 수법을 통한 주택의 에너지 절약 방안에 관한 연구

A Study on the Energy Saving Methods of a House by Passive System

김 용 식*
Kim, Yong-Sik

Abstract

Recently, the energy consumption has been sharply increased and the environmental pollution has been serious, resulted in increased use of fossil fuel. These facts are applied to most fields, and are especially important issues in the field of architecture. The energy consumption rate of building is about 30% of all energy consumption, and the rate of residential is about 20% of the rate of building and is increasing gradually. The purpose of this article is firstly to analyse an actual energy consumption rate of model building and compare it with alternative methods, which are applied passive system to, and secondly to suggest an optimal passive method for saving energy. The conclusion of this study is as follows; 1) As compared with the existing house on actual energy consumption rate, 6% in changing orientation to a south, 9% in using double low-e glazing and 23% in shading is decreased. 2) The change of insulation from 50 to 100mm did not show dramatical difference in energy consumption rate. 3) As changed indoor temperature at 20°C in winter and 27°C in summer, the rate shows a reduction of 14% compared with the existing condition.

Keywords : Passive system(건축적 수법), Energy Saving(에너지절약)

I. 서 론

1. 연구의 목적

최근 들어 급증하고 있는 화석연료의 사용으로 인한 에너지 위기에 대한 우려가 이제는 전 세계적으로 모든 분야에 걸쳐 반영되고 있다. 부존자원이 없고 에너지의 해외 의존도가 97%¹⁾를 이르는 국내의 실정에서 에너지의 합리적 이용은 중요한 과제가 아닐 수 없다.

국내 전체 에너지 소비 중에서 산업부문은 54%, 수송용은 20%, 건설부문은 26%를 차지하고 있으며, 이중 건설부문의 총 에너지 소비 중 주거부문에서의 에너지 소비는 14.2%²⁾까지 차지하고 있어 주거환경계획시 에너지의 합리적인 이용이 중요한 인자로 대두되고 있다.

주거건물 부문에 있어서 에너지의 합리적 이용을 위한 방안으로는 설비시스템조절을 통한 에너지절약 방법이 있고, 건물계획 단계에서 고려될 수 있는 건축적인 수법을 적용하여 에너지를 절약하는 방법이 있다.

설비시스템 조절을 통한 방법은 주거건물에서는 대부분이 개별시스템을 사용하고 있어 소비자가 직접 조절

에 의해 에너지를 절감하고 있으며, 건물계획 단계에서 고려되어질 수 있는 건축적인 수법의 적용에 의한 방법은 건물의 냉난방 에너지 절감에 대한 성능 평가가 진행되고 있으나, 그 효용을 극대화하지 못하고 있다.

이에 본 연구에서는 건물 계획단계에서 고려될 수 있는 건축적인 수법을 기존주택에 적용하여, 기존주택의 에너지소비량과 에너지를 절약할 수 있는 건축적 수법을 적용한 주택의 에너지소비량을 비교·분석하여 가장 효율적인 건축적 수법을 제시하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 에너지를 절약할 수 있는 건축적 수법 중에서, 5개 항목 즉, 주택의 방위변화, 창호재질의 개선, 차양의 도입, 단열재의 두께변화, 실내 온습도조건의 변화에 의한 연간 에너지사용량을 계산하고 기존주택의 연간 에너지소비량을 계산하여 비교·분석한다. 지역적인 외부환경(온도, 습도, 바람 등)에 따라 차이가 있을 수 있으나, 본 연구에서는 고려하지 않는다.

기존주택에 설계된 냉난방시스템에 대한 연간에너지소비량은 국내에서 일반적으로 부하계산에 많이 이용되는 프로그램인 Loadsys와 연간 에너지소비량을 건축적인 수법의 변화에 따라 쉽게 적용하여 계산할 수 있는

*정회원, 건국대 건축대학 건축공학과 교수, 공학박사

1) 에너지관리공단, 에너지소비통계, 2001

2) 산업자원부, 에너지수급통계자료, 2001

프로그램인 ENERGY-10³⁾을 이용하였다.

II. 본 론

실내환경은 인체의 온열감각에 밀접한 관련이 있는 온도, 습도, 기류, 평균복사온도에 의하여 쾌적상태를 유지할 수 있다. 이러한 물리적 요소는 건물외부조건, 건물외피조건, 건물내부조건에 의하여 영향을 받는다.

건물외부조건은 기후조건으로서 온도, 습도 및 일사등과 같은 요소이며, 건물외피조건은 건물의 외부환경과 내부환경을 차단하는 셸터로서의 역할을 하는 창문, 벽체, 지붕과 같은 구조체로서 단열성능, 기밀성능, 투습성능, 통풍성능, 일사차폐성능, 열용량 등이 그 요소이다. 그리고 건물내부조건은 실내 공간의 사용용도에 따른 거주자의 요구조건이다.

이 세 가지 요소 중 건물외부조건은 인위적으로 변화시킬 수 없으나, 건물외피조건은 건축계획에 의하여 인위적으로 조절할 수가 있다. 건물내부조건은 쾌적조건 범위를 확장함으로써 어느 한도 내에서는 사용자가 인위적으로 조절할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 건물외피조건 변화 및 건물내부조건 변화의 변화를 통하여 연간 에너지 소비량을 기존 주택의 연간에너지소비량과 비교함으로써 건축적 수법의 변화가 에너지 절약에 얼마만큼의 영향을 미치는지 알아보고자 한다.

주택외피·내부조건 변화는 다음과 같다.

- 1) 주택의 방위변화 : 주택의 방위를 남향, 서향, 동향으로 변화하였을 때의 연간에너지소비량을 분석한다.
- 2) 창호재질별 종류 : 기존주택의 창호재질과 이중 bronze 유리, 삼중투명유리, 이중 low-e 유리로 변화를 주었을 때의 연간에너지소비량을 분석한다.
- 3) 차양의 도입 : 기존주택의 무차양일 때와 차양길이의 변화(10, 20, 30, ..., 150 mm)를 주었을 때의 연간에너지소비량을 분석한다.
- 4) 단열재의 두께변화 : 기존주택의 단열재두께와 법규상 정하는 단열재두께(65, 75, 85, 100 mm)를 적용하였을 경우의 연간에너지소비량을 분석한다.
- 5) 실내온습도 조건의 변화 : 기존주택의 실내설정 온도 습도와 ASHRAE⁴⁾에서 정의하는 쾌적범위 내의 온도 습도인 겨울철 20°C DB, 50% RH, 여름철 27 DB, 50%

RH로 적용하고, 쾌적범위 밖의 겨울철 18°C DB, 50% RH, 여름철 27°C DB, 50% RH를 적용하여 연간에너지소비량을 분석한다.

1. 모델 건물의 선정

주택의 형식은 크게 공동주택과 단독주택으로 분류될 수 있다. 국내 공동주택의 대부분을 차지하는 아파트의 경우, 최고층과 1층, 그리고 외벽이 외기에 면하는 층 세대를 제외하면 각 세대는 6면중 2면만이 외기에 노출되어 있어 건물외피를 통한 에너지 손실이 비교적 적다. 그러나 단독주택의 경우, 외벽의 모든 면이 외기에 노출되어 있고, 조망확보를 위해 거실의 넓은 면적이 창으로 설치되어 건물외피를 통한 에너지 손실이 아파트에 비해 많다. 또한 일조 확보를 위해 남향배치가 가장 유리한데, 아파트는 남향배치에 유리한 반면 주택은 대지의 조건에 따라 남향 배치가 안되는 경우가 있다. 이에 본 연구에서는 공동주택보다 에너지 손실이 많은 단독주택을 선정하여 건축적인 방법을 통한 에너지 절약을 강구하고자 한다.

본 연구에서 선정된 주택은 지하1층, 지상2층 규모의 단독 주택으로서 서울시 성북구에 위치한 K주택을 선정하였다. K주택의 1층 평면과 입면은 다음 그림 1, 2, 3, 4와 같다.

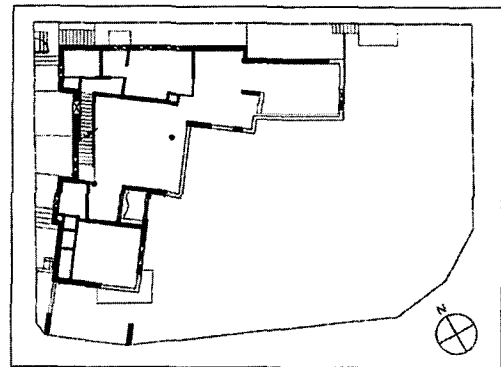


그림 1. 모델주택의 1층 평면도

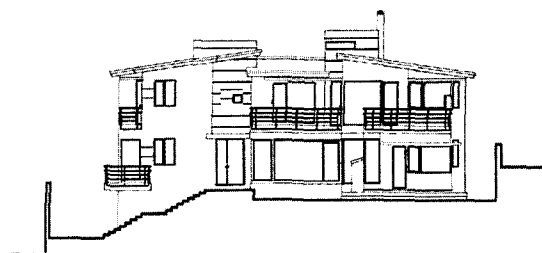


그림 2. 모델주택의 남동측 입면도

3) The Berkeley Solar Group(BSG), The Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), The United States Department of Energy(DOE), The National Renewable Energy Laboratory (NREL)이 공동개발한 프로그램.

4) American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers의 약자

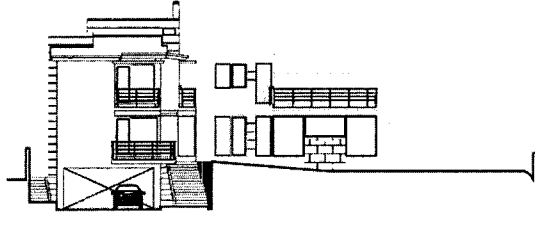


그림 3. 모델주택의 남서측 입면도

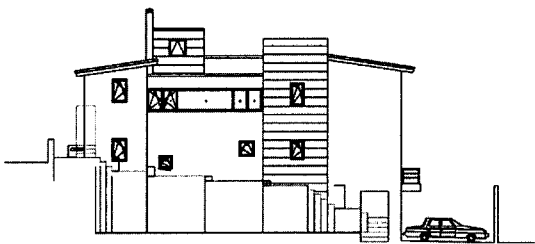


그림 4. 모델주택의 북서측 입면도

이 주택은 대지의 조건에 따라 남동향으로 배치가 되어있고, 거실이 남동향으로 되어 있어, 창이 많고 창면 적비가 33.1%에 이른다. 또한 외기에 면하는 대부분의 공간이 거주공간으로 설계되어 있다.

1.1 일반사항

K주택의 일반사항은 표 1과 같다.

1.2 기존주택의 부위별 에너지소비비율과 연간 에너지사용량의 분석

기존주택의 부위별 부하량은 Loadsys를 이용하여 계산하였으며 각 요소별 피크시 부하량을 보면 표 2와 같다.

침입외기는 각 방마다 환기횟수를 1회로 보았으며,

표 1. 기존주택의 개요

구분	내용
대지면적	644 m ²
건축면적	165.99 m ²
구조	철근콘크리트조
냉난방방식	룸에어컨, 가스보일러에 의한 온돌패널방식
주된향	남동향
단열재두께	벽체 : 50 mm, 지붕 : 100 mm (스티로폼)
창호	알루미늄창호
창호유리	22 mm 투명이중유리
차양	없음
실내설정온도	여름 : 25.6°CDB, 50%RH 겨울 : 21.1°CDB, 50%RH
외기온도	여름 : 32°CDB, 65%RH 겨울 : -12°CDB, 72%RH

표 2. 기존주택의 부위별 부하량 (단위 : kcal/h)

구분	냉방부하	비율(%)	난방부하	비율(%)
지붕	399	2.2	1,508	8.0
외벽	1,384	7.7	4,752	25.3
창문	253	1.4	8,343	44.3
일사	14,709	82.2	-	0.0
바닥	225	1.3	825	4.4
조명	366	2.0	-	0.0
인원	565	3.2	-	0.0
침입외기	-	0.0	3,390	18.0
합계	17,900	100	18,817	100

주)외벽열관류율 : 0.4 kcal/m²h°C, 창문열관류율 : 2.4 kcal/m²h°C, 지붕열관류율 : 0.25 kcal/m²h°C, 바닥열관류율 : 0.3 kcal/m²h°C, 조명 : 2.15w/m², 인원 : 5인

외기도입은 주택의 경우 침입외기로 충분하다고 보아 별도로 계산하지 않았다.

표 2에서 창을 통한 전열부하가 난방시 44.3%, 냉방시 83.6%로 각각 가장 높은 비율로 나타나는 것에서 알 수 있듯이 냉난방부하에 있어서 창을 통한 열손실부분이 가장 큰 것을 알 수 있다. 또한 창과 외벽의 열관류율은 각각 3.3 kcal/m²h°C, 0.4 kcal/m²h°C로서 창은 벽체에 비해 약 8배의 열손실이 발생하는 것에서 보듯이, 주택에 있어서 창을 통한 에너지 수법을 강구하는 것이 가장 효율적이라고 볼 수 있다.

그림 5와 같이 Energy10의 프로그램 계산에 의한 연간에너지소비량은 251,944.8 kcal/m²이고, 가스요금과 전력요금을 적용하여 계산하면 연간사용금액은 약 3,800,000원이다.(표 3, 4)

2. 에너지절약을 위한 건축적 수법의 적용

기존주택의 에너지를 절감할 수 있는 건축적 수법, 즉, 건물의 방위변화, 창호재질의 변화, 차양의 도입, 단열재의 두께변화 등을 적용할 수 있는데 이중 단열재의

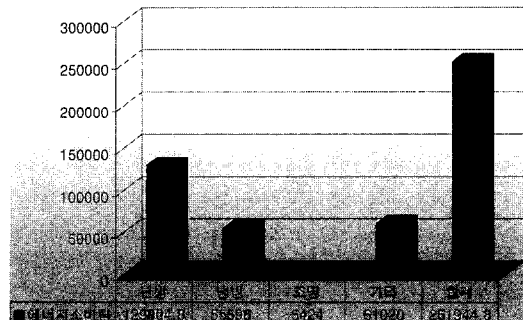


그림 5. 기존주택의 연간에너지소비량 (단위 : kcal/m²)

표 3. 한국가스공사 기준

용도		기본요금(원/kW)	가스 요금(원/㎡)
주택용	취사용	840	419.51
	난방용		424.96

표 4. 한국전력공사 기준

구분	기본요금(원/kW)	전력량 요금(원/kWh)		
		여름(7~8월)	봄/가을(4~6,9월)	겨울(10~3월)
선택(I) 요금	5,890	101.00	67.30	71.70
고압(A)				

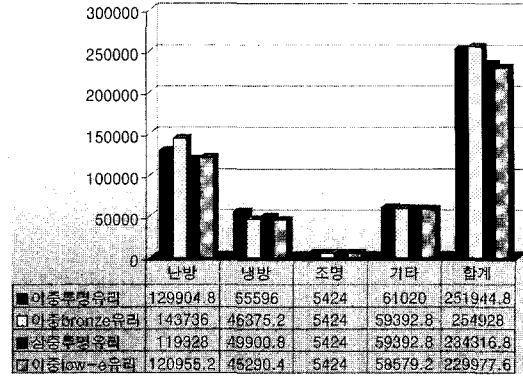


그림 7. 창호재질 개선에 따른 연간에너지사용량 (단위 : kcal/m²)

두께변화를 제외하고는 창을 통한 에너지 절약 수법이다.

2.1 건물의 방위변화

창의 면적이 가장 큰 거실을 중심으로 거실이 남향, 서향, 동향일 때의 에너지소비량을 계산한 결과는 그림 6과 같다.

위 결과에서 거실이 남향일 때의 연간에너지소비량이 100%로 보면, 동향일 때 연간에너지소비량이 7.6%가 증가하고, 서향일 때 1% 증가한 것으로 나타났다.

2.2 창호재질의 개선

기존주택의 창호는 투명한 이중유리로 시공되어 있으며, 이중bronze유리, 삼중투명유리, 이중low-e유리를 각각 적용하여 연간에너지소비량을 계산하면 그림 7과 같고, 적용한 유리들의 성능은 표 5에 나타낸다.

기존주택에 설치된 유리를 기준으로 난방시에는 이중bronze유리 적용시 9.7%의 증가가 나타났지만, 삼중투명유리 적용시 8.2%, 이중low-e유리 적용시 6.9%의 절감율을 나타냈다. 이는 겨울철 일사량이 겨울철 난방부하에 중요한 요소임을 나타내고 있다.

냉방시에는 이중bronze유리 적용시 16.6%, 삼중투명

표 5. 적용된 유리의 성능

구분	열관류율 (kcal/m²h°C)	차폐계수
이중투명유리	2.4	0.9
이중bronze유리	2.4	0.72
삼중투명유리	1.57	0.79
이중low-e유리	1.3	0.65

유리 적용시 10.3%, 이중low-e유리적용시 18.6%의 절감율을 나타냈으며 여름철에도 창호의 유리성능에 대한 고려가 냉방부하에 큰 영향을 미칠 수 있음을 보여준다.

2.3 차양의 도입

차양은 여름철 일사를 차단하는 중요한 건축적인 수법이다.

여름철, 겨울철의 적절한 차양길이를 위해서는 태양 고도, 방위각, 수직·수평음영각 등을 계산하여 가장 효율적인 길이를 산출하여야 한다.

본 연구에서는 기존주택의 모든 창호의 차양이 무차양일 때와 모든 창호의 차양에 차양길이의 변화(100, 200, 300, ..., 1,500 mm)를 주었을 때 차양으로 음영이 생기는 경우를 적용하고 연간에너지소비량을 계산한 결과는 표 6)과 같다.

기존주택의 무차양에서 차양길이를 변화시킨 결과, 100 mm의 변화가 생겼을 경우, 연간에너지소비량은 난방시 약 0.8% 정도 증가하였으며, 냉방시 1.5% 정도 감소하였다.

연간난방에너지소비량과 연간냉방에너지소비량을 합한 연간총에너지소비량에서는 500~600 mm의 차양길이가 가장 적게 소비되는 것으로 나타났다.

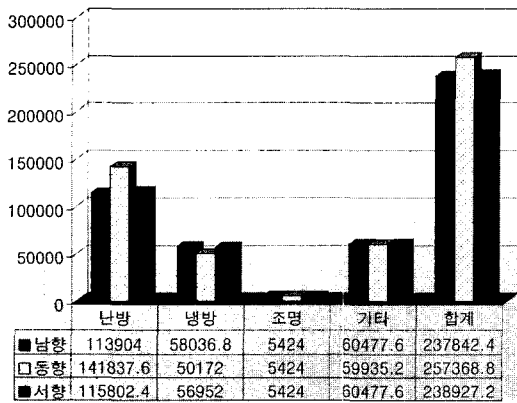


그림 6. 주택의 방위변화에 따른 연간에너지소비량 (단위 : kcal/m²)

5) 강현욱, 건물의 일사열환경개선을 위한 적정차양계획에 관한 연구, 건국대 석사논문 1997.

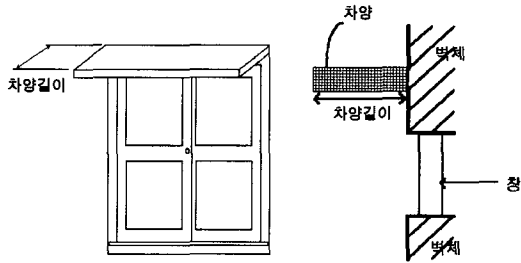


그림 8. 창문의 차양길이

표 6. 차양길이에 따른 연간에너지소비량 (단위 : kcal/m²)

구 분	난방	냉방	총에너지소비량
무차양	129,904.8	55,596.0	253,500
100mm	130,176.0	55,053.6	253,229
200mm	130,718.4	53,968.8	252,686
300mm	131,803.2	52,884.0	252,687
400mm	133,159.2	51,799.2	252,958
500mm	134,244.0	50,714.4	252,958
600mm	135,600.0	49,629.6	253,229
700mm	136,956.0	48,544.8	253,500
800mm	138,312.0	47,460.0	254,043
900mm	139,668.0	46,375.2	254,585
1000mm	141,024.0	45,290.4	255,128
1100mm	142,380.0	44,205.6	255,670
1200mm	143,736.0	43,120.8	256,219
1300mm	144,820.8	42,036.0	257,025
1400mm	146,176.8	40,951.2	257,568
1500mm	147,261.6	39,866.4	258,381
전체운영	188,212.8	28,747.2	284,959

2.4 단열재의 두께변화

기존주택의 벽체와 지붕의 구조는 그림 9, 10과 같으며 본 연구에서는 벽체의 단열재 두께를 변화시켰을 때 연간에너지소비량을 계산하였다.

기존주택의 벽체의 단열재는 50 mm의 스티로폼으로 구성되어 있는데, 이는 현재 법규상의 단열재 두께기준에 맞지 않지만, 기존 주택은 법규의 개정전에 설계되어 건축되어졌기 때문이다.

이에 본 연구에서는 기존주택의 단열재 두께와 현재 법규상에서 규정하는 단열재 두께(65, 75, 85, 100 mm)를 적용하여 연간에너지 소비량을 분석하였다.

현 건축법규상의 단열재 두께는 표 7)과 같다.

표 7. 건축법규상 단열재 허용두께

(단위 : mm)

건축물의 부위	단열재의 등급			
	가	나	다	라
거실의 외벽	65	75	85	100
외벽	45	50	55	65

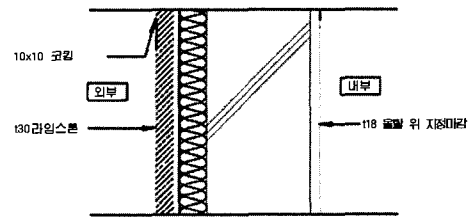


그림 9. 모델건물의 외벽 상세

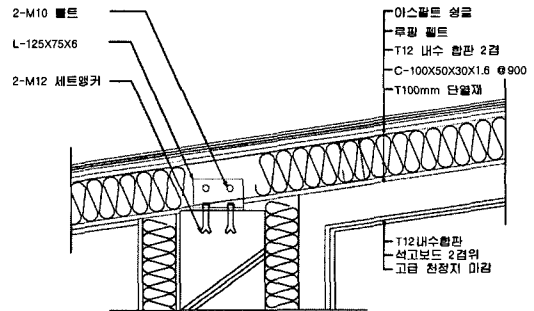


그림 10. 모델건물의 지붕 상세

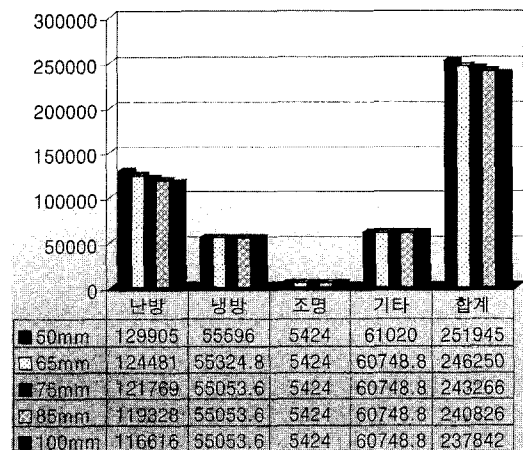


그림 11. 단열재 두께변화에 따른 연간에너지소비량 (단위 : kcal/m²)

기존주택의 단열재 두께의 사용과 건축법규상의 단열재 두께를 사용한 연간에너지 소비량은 그림 11과 같다.

6) 건축물의 에너지절약 설계기준 건설교통부 고시 제2002-118호 제4조 별표 2.

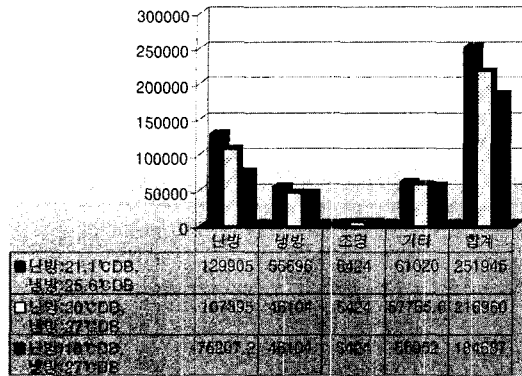


그림 12. 실내온습도조건에 따른 연간에너지소비량 (단위 : kcal/m²)

그림 11에서 보는 바와 같이 벽체의 단열재 두께변화에 따른 연간에너지소비량은 기존주택에 비해 냉방시에는 큰 차이가 없었고, 난방시 65 mm 4.2%, 75 mm 6.3%, 85 mm 8.2%, 100 mm 10.3% 절감율을 보였다.

건물의 부하는 창에서 열손실 취득이 크기 때문에 벽체의 단열재 두께변화에 따른 연간에너지소비량은 큰 변화가 없음을 알 수 있다.

3. 실내 온습도 조건의 변화

기존주택의 실내온습도는 겨울철 21.1°C DB, 50% RH, 여름철 25.5°C DB, 50% RH로 설계되어져 있다.

기존주택에서는 별도의 가습방법을 채택하고 있기 때문에, 본 연구에서는 실내온도를 변화시킴으로써 얼마만큼의 에너지를 절약할 수 있는가를 검토해 보고자 한다.

본 연구에서는 기존주택의 실내설정 온습도와 ASHRAE에서 정의하는 쾌적범위⁷⁾내의 온습도인 겨울철 20°C DB, 50%RH, 여름철 27°C DB, 50% RH로 적용하고, 쾌적범위 밖의 겨울철 18°C DB, 50% RH, 여름철 27°C DB, 50% RH를 적용하여 연간에너지 소비량을 계산하였으며, 결과는 그림 12와 같다.

그림 12에서 기존주택의 설정 온습도인 난방시 21.1°C DB, 50% RH, 냉방시 25.6°C DB, 50% RH를 기준으로 할 때, 쾌적범위 내에 온습도인 난방시 20°C DB, 50% RH, 냉방시 27°C DB, 50% RH를 적용한 경우는 난방에서 17.4%, 냉방에서 41.4%의 절감율을 나타냈다. 또한 난방시에 2°C를 더 낮춰 설정한 경우는 난방에서

17.1%까지 절감율을 보였다.

III. 결 론

본 연구에서 살펴본 결과 건물 외피부분에 있어 창을 통한 전열부하가 냉난방부하에서 가장 큰 부분을 차지하며, 따라서 주택에 있어서 창을 통한 에너지 절약 방법을 강구하는 것이 가장 효율적이라는 것을 알 수 있었다. 즉, 이중low-e유리를 적용하였을 경우, 연간 9% 정도의 에너지절감을 나타냈으며, 1.5m길이의 차양을 전 창호에 설치한 경우, 여름철 23% 정도의 냉방에너지를 절감을 나타냈다.

실내내부조건에 있어서는 실내설정 온도를 난방시 20°C, 냉방시 27°C로 조정함으로써 연간 14%의 절감으로 에너지절약에 큰 효과를 볼 수 있음을 알 수 있었다.

따라서 건축적 수법에서는 창호에 대한 디자인과 성능을 향상시키는 방법이 강구되어야 하며 건축의 가능한 모든 부분에서 에너지 절약적인 계획이 이루어져야 한다. 또한 실내온습도조절을 통하여 많은 에너지 절감율이 나타내듯이 소비자가 자발적으로 갖게 되는 에너지에 대한 올바른 인식이 에너지절약에 있어서 가장 중요한 전제라 할 수 있겠다.

참 고 문 헌

1. Lechner. Heating, Cooling, Lighting Design Met1. Norbert hods for Architects.
2. Curtis O. Pederson 外 2명(1998). Cooling and Heating Load Calculation Principles.
3. William Bobenhausen. Simplified Design of HVAC Systems.(1994)
4. A. F. C. Sherratt. Energy Conservation and Energy Management in Buildings.
5. Dean Hawkes 外 1명. The Architecture of Energy.(1981)
6. Dahlen R R. ASHRAE Trans (1987) Vol. 93, part 1. 1517-1524. Low-e films for window energy control.
7. Jan F. Kreider. Heating and Cooling of Building.(1994)
8. Donald Watson. Energy Conservation through Building Design.(1985)
9. Edward G. Pita. Air Conditioning Principles and Systems.(1998)
10. ASHRAE. ASHRAE handbook 1997 fundamentals.(1997)

7) ASHRAE. ASHRAE handbook 1997 fundamentals chapter6.