

국내 건물 단열기준에 따른 냉·난방 부하 분석 및 최적 단열기준에 관한 고찰

서성모*, 박진철**, 이언구***

*중앙대학교 건축학과 대학원(ddims@naver.com), **중앙대학교 건축학부(jincpark@cau.ac.kr),
***중앙대학교 건축학부(ekrhee@cau.ac.kr)

An Analysis of Thermal Loads Depending on Korea Building Insulation Standard and the Optimum Insulation Standard

Seo, Sung-mo* Park, Jin-chul** Rhee, Eun-ku***

*Dept. of Architecture, Graduate School, Chung-ang University(ddims@naver.com),
**Dept. of Architecture, Chung-ang University(jincpark@cau.ac.kr),
***Dept. of Architecture, Chung-ang University(ekrhee@cau.ac.kr)

Abstract

Sustainable building is getting more and more important topic in 21C. Following this trend, building energy saving standard has been reinforced in Korea. Especially, insulation standards are revised continuously after 1979.

This study aims to evaluate the correlation between the revised insulation standards and heating and cooling loads of a residential building. This study shows that the standard of insulation is more related with heating load than cooling load, and cooling load is more related with other sources such as glass types and solar incidence through windows. In case of highly-insulated building such Passive Houses or Zero Energy Houses, the cooling load should also be considered as important as heating load when revising the building energy saving regulations in the future.

Keywords : 지속가능한 건축물(Sustainable building), 단열 기준(Standard of insulation), 냉·난방 부하(Cooling and Heating Load), 에너지플러스(EnergyPlus)

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

1973년 석유과동 이후 에너지 절감에 관한

관심 및 요구가 증대되었고 그에 따라 우리나라 전체 에너지 사용량의 23%를 차지하고 있는 건설부문에서의 에너지 절감에 대한 필요성이 두각 되었다. 이러한 요구의 일환으로

1979년부터 건물 에너지 절약 정책이 도입되면서 신축건물의 단열 의무화가 시행되었다. 그 이후 보다 에너지 효율적인 건물의 실현을 위해 건물의 에너지 소비량에 영향을 미치는 대표적 요소인 외피의 단열성능에 대한 기준이 강화되고 있는 실정이다. 또한 최근 Zero Energy Building, 3L House, Green Tomorrow 등의 친환경 건물에서 기존의 기준보다 높은 열관류율을 제안하고 있고, 그에 따른 에너지 절감 효과도 증명되고 있다.

하지만 건물의 에너지 소비에는 단열성능 뿐 아니라 다른 복합적인 요소들이 함께 공존하기 때문에 이러한 지속적인 단열기준의 강화가 건물의 에너지 절감에 비례적으로 영향을 미치는지는 미지수이며, 기준에 대한 한계점이나 적정 단열 기준점에 관한 연구나 경제성 평가가 제대로 이뤄지지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내·외의 친환경 건축물 설계 단열 기준 변천에 따른 에너지 요구량을 비교·분석해 보고, 향후 발전 가능한 단열 성능의 최적 기준점에 대해 고찰해보고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 기준

본 연구에서 사용한 자료는 1979년부터 2010년까지 제시된 국내 친환경건축물 설계 기준에서 제시하고 있는 부위별 단열기준과 독일의 Passive House 설계기준, 그리고 국내 친환경 건축물인 Green Tomorrow의 단열기준이다. 대상건물은 한국에너지기술연구원의 “에너지기술 성과 확산 사업”에서 건축물 에너지 소비량 예측을 위해 선정된 공동주택 표준건물을 사용하였고, 미국의 DOE(Department of Energy)에서 제공하고 있는 서울의 기후 데이터를 사용하였다. 또한 에너지 해석 프로그램인 EnergyPlus를 사용하였고, HVAC시스템에 따른 에너지 소비량 차이를 줄이기 위해 EnergyPlus에서 제공하고 있는 IdealLoad를

사용하여 건물의 냉·난방 부하를 계산함으로써 결과 값의 공정성을 유지하고자 하였다.

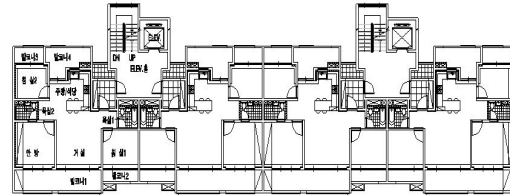


그림 1. 표준 공동주택 단면도

2. 문헌고찰 및 단열성능의 변천

2.1 기존 문헌 고찰

(1) 친환경 주택용 단열기준이 공동주택 단위열부하에 미치는 영향¹⁾

공동주택에서 지역냉난방을 열원으로 공급하는 경우 적정 용량의 열사용시설이 필요한데, 적정 용량을 산정하기 위한 기초연구로서 최근 친환경 주택의 건설기준 및 성능고시 등의 정부 정책에 의한 단열기준 향상이 건물의 단위열부하에 영향을 미칠 것으로 보고 시뮬레이션을 통해 친환경기준과 단위열부하의 영향도를 파악하고자 하였다.

그 결과 열관류율을 현행기준보다 낮게 제시하여 단열효과를 높인 친환경기준은 단위 난방부하를 현행기준보다 최소한 17%이상 감소시켜 난방 열사용 시설 용량 및 난방 에너지를 감소시키는데 효과적이라 판단하였다. 하지만 냉방부하에서는 난방부하와는 다르게 낮은 열관류율을 적용하여 전도부하가 낮게 산정되었더라도 창을 통한 일사부하가 훨씬 큰 비율을 차지하기 때문에 현행기준에 비하여 단열효과에만 중점을 두고 열관류율을 낮게 제시한 친환경 기준이 단위냉방부하에 미치는 영향은 거의 없을 것이라 판단하였다.

1) 문선에, 조성환, 유호선, 문승재, 이재현 「친환경 주택용 단열기준이 공동주택 단위열 부하에 미치는 영향」

(2) 에너지절감을 고려한 공동주택 외피단열사양의 경제성 검토²⁾

- 에너지절감과 관련하여 국내외 정세를 살펴보면 에너지절감 및 이산화탄소 발생량 저감을 위한 노력이 최근에 들어 실행될 수의 과업으로 전환되고 있다. 이러한 상황에서 국내에서도 의무사항으로 건축법 시행령에서 건축물에너지 절약 설계기준을 제시하고 있다. 하지만 인증제도의 인식 및 홍보부족에 따른 미진한 실적과 함께 등급획득을 위한 기준이 부족한 것이 사실인데, 이에 에너지절감에 직접적인 영향을 미치는 공동주택의 외피단열사양 검토를 통해 건물에너지효율등급 획득을 위한 외피단열사양을 도출하고, 단열사양에 따른 경제성을 검토하는 것을 목적으로 연구를 진행하였다.

그 방식은 2008년 단열기준을 배경으로 10%씩 단열성능을 향상시키고 최대 100%까지 단열성능을 향상시키며 기존의 자료들을 기본 바탕으로 경제성을 분석 비교하였다. 그 결과 외피의 재료비용에 있어서 기준대비 최대 285.7% 비용 상승이 발생하였고, 단열재의 비용이 벽체의 50%이상을 차지하였다.

이에 에너지절감을 및 초기투자비용을 투자회수기간법으로 분석한 결과 건물 수명연한내에 초기투자비용의 회수가 가능한 것으로 판단하였다.

2.2 국내 단열성능의 변천 및 국외 단열기준

국내의 에너지 절약 단열 기준은 1979년 이후로 꾸준히 개정되고 세분화 되어왔다. 이처럼 외피의 단열기준은 건물의 에너지 절감에 최우선적으로 고려되는 부분이고, 그에 따른 에너지 절감효과를 확인해 볼 필요가 있을 것으로 보인다.

2) 장희경, 김상우, 김영탁, 윤성환 「에너지절감을 고려한 공동주택 외피 단열사양의 경제성 검토」

표 1. 국내·외 친환경 건축물 설계기준

(단위 : W/m ² K)	ASHRAE (for LEED)	Passive House	Green Tomorrow
외 벽	0.5	0.15	0.1
지 붕	0.36	0.15	0.08
바 닥	0.29	0.15	0.09
창 호	2.61	0.8	0.85

또한 위의 표 1에서 보는 바와 같이 독일의 Passive House³⁾와 Green Tomorrow 같은 Zero Energy House 건물의 단열성능 기준은 국내의 에너지 절약 설계기준에 비해 그 성능이 상당히 뛰어난 것을 볼 수 있는데, 본 연구에서는 이러한 단열성능이 에너지 요구 부하에 대해 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 한다.

3. 시뮬레이션

3.1 시뮬레이션 개요

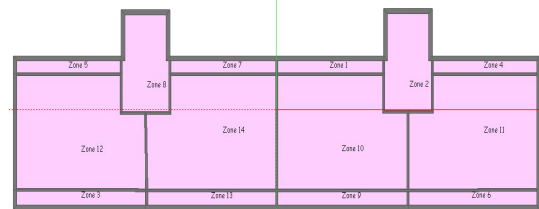


그림 2. 기준모델 평면구성

표 2. 부하 비교분석의 용이성을 위한 모델링 단순화

	기존 모델	단순화
건물 모델링		

3) 김주환, 이태구, 조경민, 김주수 「독일 패시브하우스 단열 기준을 통한 국내 패시브하우스 사례 비교분석」

표 3. 건물 구조체별 구성 레이아웃

구조체 위치		구조체 레이아웃	
외벽	외기에 직접 면하는 경우		<ul style="list-style-type: none"> 수성페인트 노출콘크리트 THK65 단열재 THK9.5 석고보드 THK9.5 석고보드 지장벽지
	외기에 간접 면하는 경우		<ul style="list-style-type: none"> 수성페인트 노출콘크리트 THK45 단열재 THK9.5 석고보드 THK9.5 석고보드 지장벽지
측벽			<ul style="list-style-type: none"> 수성페인트 노출콘크리트 THK90 섬유단열재 THK9.5 석고보드 지장벽지
창호			<ul style="list-style-type: none"> PVC 창호(THK22 복층유리) PVC 창호(THK3 반투명유리)
최상층 지붕			<ul style="list-style-type: none"> THK80(MIN) 노출콘크리트 (#8 200mm 간격 @150X150) THK0.03 P.E 필름 2겹 THK90 단열재 방수층(실계도면층) 콘크리트 슬래브(THK210) THK90 단열재 전장물 THK9.5 석고보드/지장바닥
중간층 바닥			<ul style="list-style-type: none"> 지장바닥마감재 THK40 시멘트골판 THK50 경량기포콘크리트 THK20 완충재 콘크리트 슬래브(THK210) 전장물 THK9.5 석고보드
최하층 바닥			<ul style="list-style-type: none"> 지장바닥마감재 THK40 시멘트골판 THK50 경량기포콘크리트 THK0.05 폴리에틸렌필름1겹 THK50 단열재 콘크리트 슬래브(THK210)

대상 건물은 앞서 말한바와 같이 한국에너지기술연구원의 “에너지기술 성과 확산 사업”에서 건축물 에너지 소비량 예측을 위해 선정된 공동주택 표준건물을 사용하였고, 평면의 구성은 그림 2에서 보는 바와 같이 4개의 공조세대와 2개의 코어로 구성되어 있고, 각 공조세대는 전면과 후면에 발코니로 둘러싸여 있는 형태이다.

또한 대상 건물의 설정에 있어서, 용이성 및 실험의 단순화를 위해 건물의 대상층수를 표 2과 같이 총 15층에서 최하층(1층), 중간층(8층), 최상층(15층)만으로 단순화하여 열적 특성을 비교해보았다. 이는 외기에 접하는 실별 부하특성에 따라 분류한 것이다.

그리고 각 구조물의 레이아웃은 일반적으로

사용되는 건물의 구성을 적용하여 모델링하였고, 외피 및 구조체의 물성치를 변환할 시에는 단열재의 두께를 기준으로 변환하였다. 건물 에너지 분석 시뮬레이션에는 미국의 DOE(Department of Energy)에서 개발한 에너지 해석 프로그램인 EnergyPlus 6.0을 사용하였다.

3.2 시뮬레이션 경계값 및 비교 조건⁴⁾

건축물의 에너지절약 설계기준 해석서에서는 단열조건 외에 여러 설비사항 및 설계조건 등에 대한 항목들이 개제되어 있다. 하지만 본 연구에서는 그러한 사항들은 고려하지 않고 오직 단열성능만을 고려하여 단열성능 향상이 건물의 에너지절감에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 하기 때문에 단열조건만을 대상으로 연구를 진행하였다. 다음 표 4에서는 단열성능이 변화하는 부분과 어떤 식으로 변화했는지를 나타내 주고 있다.

또한 대상 건물에 적용되는 지역 및 부위별로 정리하여 어떠한 사항들이 적용되었는지 나타내고 있다. 대상 건물은 앞서 설명했듯이 일반적으로 공동주택에서 사용되는 바닥 복사난방을 사용하지 않고, 건물의 순수 부하계산만을 위해 EnergyPlus에서 제공하는 HVAC:IdealLoad System을 적용하여 건물의 냉난방 부하를 계산하였다. 또한 최하층하부에 설비실과 같은 비공조 공간을 두어 일반적으로 시공되는 건물과 유사한 형태를 띄도록 설정하였다. 실내조건은 서울시정개발연구원에서 발표한 ‘저탄소 사회를 향한 서울시 건물에너지 저감전략’을 참고하여 냉방온도 26℃, 난방온도 22℃로 설정하였고,⁵⁾ 서울의 기상데이터를 사용하였다.

표 4와 더불어 표 5에서는 각 연도별 단열기준의 변화 양상을 나타내었다. 표에서 보는 바와 같이 1979년부터 시행된 단열기준은 그 변화량 및 요소가 각기 다른 것을 확인할 수 있는

4) 에너지관리공단 「건축물의 에너지절약 설계기준 해석서」
5) 서울시정개발연구원 「저탄소사회를 향한 서울시 건물에너지 저감전략」

데, 본 연구에서는 이와 같은 요소별 변화 추이와 건물 에너지 요구량의 변화 추이를 비교하여, 연도별 층별 단열 기준 변화 위치 및 에너지 요구량의 상호관계를 파악해보고자 한다.

표 4. 단열기준의 변화

개정 시기	지역 구분	부위별 단열기준 (열관류율 : W/m ² ·K)				
		외벽	최상층 바닥	최상층 반자 또는 지붕	공동주택 측벽	외기에 면하는 창
1979.09	-	1.0465	1.6465	1.0465	-	2.568
1980.12	-	0.5813	1.1627	0.5813	-	3.488
1984.12	제주도 이외	0.5813	0.5813	0.5813	0.465	3.488
1987.07	중부	0.5813	0.5813	0.407	0.465	3.37

지역	건축물의 부위		중부 지역	남부 지역	제주도
	외벽	외기에 직접 면하는 경우	외기에 간접 면하는 경우	외기에 직접 면하는 경우	외기에 간접 면하는 경우
2001.01	거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우	0.47 이하	0.58 이하	0.76 이하
		외기에 간접 면하는 경우	0.64 이하	0.81 이하	1.10 이하
2001.01	최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우	0.29 이하	0.35 이하	0.41 이하
		외기에 간접 면하는 경우	0.58 이하	0.64 이하	0.76 이하
2001.01	최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 직접 면하는 경우	0.35 이하	0.47 이하	0.58 이하
		외기에 간접 면하는 경우	0.58 이하	0.64 이하	0.76 이하
2001.01	공동주택의 측벽	외기에 직접 면하는 경우	0.35 이하	0.47 이하	0.58 이하
		외기에 간접 면하는 경우	0.58 이하	0.64 이하	0.76 이하
2001.01	공동주택의 층간 바닥	외기에 직접 면하는 경우	1.16 이하	1.16 이하	1.16 이하
		외기에 간접 면하는 경우	3.84 이하	4.19 이하	5.23 이하
2001.01	창 및 문	외기에 직접 면하는 경우	3.84 이하	4.19 이하	5.23 이하
		외기에 간접 면하는 경우	5.47 이하	6.05 이하	7.56 이하

지역	기준			개정			
	중부 지역	남부 지역	제주도	중부 지역	남부 지역	제주도	
2008	외기에 직접 면하는 경우	주택	3.84 이하	4.19 이하	5.23 이하	3.0 이하	3.3 이하
		주택 외	3.84 이하	4.19 이하	5.23 이하	3.4 이하	3.8 이하
2008	외기에 간접 면하는 경우	주택	5.47 이하	6.05 이하	7.56 이하	4.3 이하	4.7 이하
		주택 외	5.47 이하	6.05 이하	7.56 이하	4.6 이하	5.3 이하

[별표 4] <개정 2010.11.5>
지역별 건축물부위의 열관류율표 (제21조 제 1항 제1호 관련)
(단위 : W/m²·K)

건축물의 부위	지역			
	중부지역	남부지역	제주도	
거실의 외벽	외기에 직접 면하는 경우	0.36 이하	0.45 이하	0.58 이하
	외기에 간접 면하는 경우	0.49 이하	0.63 이하	0.85 이하
최상층에 있는 거실의 반자 또는 지붕	외기에 직접 면하는 경우	0.20 이하	0.24 이하	0.29 이하
최하층에 있는 거실의 바닥	외기에 간접 면하는 경우	0.58 이하	0.58 이하	0.58 이하
	바닥 난방이 아닌 경우	0.58 이하	0.58 이하	0.58 이하
공동주택의 측벽		0.27 이하	0.36 이하	0.45 이하
공동주택의 층간 바닥	바닥 난방이 아닌 경우	1.16 이하	1.16 이하	1.16 이하
창 및 문	외기에 직접 면하는 경우	공동주택 2.10 이하	2.40 이하	3.10 이하
	외기에 간접 면하는 경우	공동주택 2.80 이하	3.10 이하	3.70 이하

표 5. 연도별 단열재 성능 변화 추이

변화 년도	성능 향상	성능 저하	비고
1979년			기준
1980년	외벽, 지붕, 바닥	창호	
1984년	바닥		측벽에 관한 기준 생성
1987년	지붕, 창호		
2001년	외벽, 지붕, 바닥, 측벽	창호	구조체 별 세분화
2008년	창호		
2010년	외벽, 지붕, 측벽, 창호		

표 5에서 보는바와 같이 개선 연도별 단열 성능은 향상되는 부분도 있지만 바닥, 창호와 같이 저감되는 부분 또한 존재하는 것을 알 수 있다.

3.3 결과 분석

표 4에 나타난 단열 성능을 기준모델에 적용한 냉·난방 부하는 다음과 같다.

표 6. 연간 층별 난방 부하

	년도	1세대 (kWh/yr)	2세대 (kWh/yr)	3세대 (kWh/yr)	4세대 (kWh/yr)	총계 (kWh/yr)
1층	1979	3,318	2,192	2,191	3,288	10,989
	1980	2,482	1,790	1,790	2,466	8,528
	1984	2,445	1,884	1,884	2,432	8,645
	1987	2,409	1,848	1,848	2,396	8,502
	2001	2,108	1,675	1,675	2,099	7,557
	2008	1,828	1,396	1,396	1,818	6,437
	2010	1,122	799	799	1,115	3,835
8층	1979	3,514	2,157	2,156	3,475	11,302
	1980	2,493	1,636	1,636	2,471	8,237
	1984	2,310	1,617	1,616	2,293	7,836
	1987	2,267	1,572	1,572	2,250	7,662
	2001	2,089	1,561	1,561	2,077	7,287
	2008	1,825	1,297	1,297	1,813	6,232
	2010	1,139	735	735	1,130	3,740
15층	1979	7,608	6,422	6,421	7,573	28,024
	1980	4,902	4,136	4,135	4,883	18,056
	1984	4,742	4,121	4,121	4,727	17,711
	1987	3,921	3,288	3,288	3,906	14,402
	2001	3,375	2,885	2,884	3,363	12,507
	2008	3,076	2,581	2,581	3,065	11,302
	2010	1,898	1,496	1,495	1,890	6,779

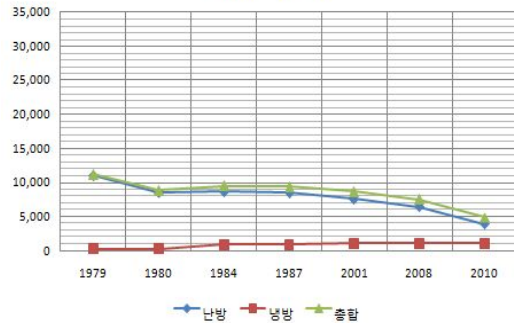
표 7. 연간 층별 냉방 부하

	년도	1세대 (kWh/yr)	2세대 (kWh/yr)	3세대 (kWh/yr)	4세대 (kWh/yr)	총계 (kWh/yr)
1층	1979	77	35	35	82	230
	1980	89	60	60	93	303
	1984	229	197	196	236	857
	1987	228	196	196	235	855
	2001	278	252	251	285	1,066
	2008	280	255	254	287	1,076
	2010	276	257	256	282	1,071
8층	1979	486	403	403	508	1,800
	1980	433	379	378	448	1,638
	1984	432	389	388	445	1,653
	1987	431	388	387	444	1,649
	2001	501	469	468	512	1,950
	2008	505	473	472	516	1,967
	2010	503	483	481	514	1,981
15층	1979	779	724	723	797	3,022
	1980	653	618	617	666	2,553
	1984	647	619	618	668	2,541
	1987	616	588	587	628	2,420
	2001	673	654	653	683	2,663
	2008	684	666	665	694	2,709
	2010	688	680	679	698	2,745

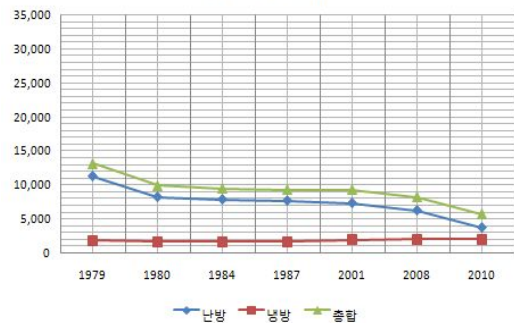
나타났고, 냉방에 비해 난방부하가 총 건물 부하에 보다 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

위의 표 6, 7을 간단히 표현하면 다음과 같다.

최하층(1층)



중간층(8층)



최상층(15층)

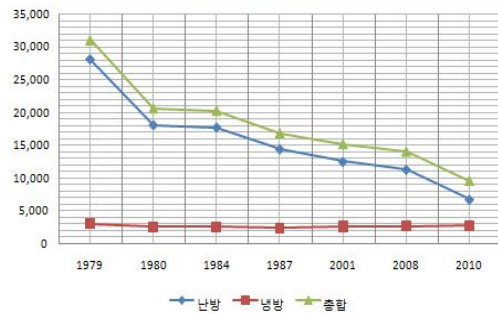


그림 3. 층에 따른 연도별 에너지 요구량 변화

위의 표 6, 7에서 보는 바와 같이 층별 냉·난방 부하는 최상층인 15층에서 가장 높은 것으로

표 5와 그림 3을 통해 연도별 단열 성능의 변화와 에너지 요구량의 값을 비교해 보았을 때 다음과 같은 연관성을 유추해 볼 수 있다.

- (1) 건물의 단열성능이 향상할수록 난방 부하는 감소한다.
 - (2) 1층의 에너지 요구량 그래프를 보았을 때, 최하층(1층) 바닥의 단열성능을 향상시켰을 경우, 냉방 부하는 증가한다.
 - (3) 층의 세대별 냉·난방 부하를 보았을 때, 양 측면의 세대가 사이 세대보다 많은 에너지 부하 값을 보인다.
 - (4) 최상층(15층)은 다른 층에 비해 월등히 많은 에너지 부하 값을 보이고 있다.
- 또한 위의 데이터를 기준으로 냉·난방부하별 변화추이를 살펴보면 다음 그림 4와 같다.

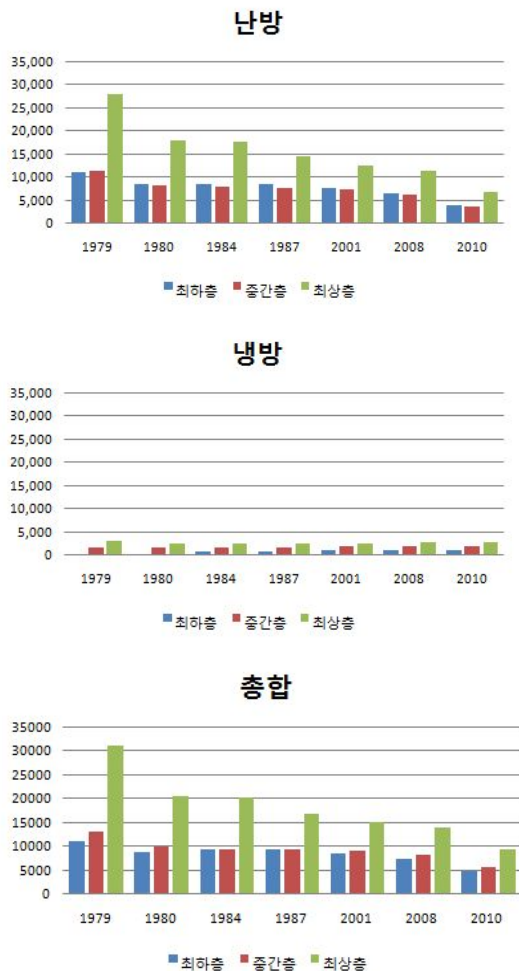


그림 4. 냉·난방 부하 변화추이

그림 4와 같이 냉·난방 부하를 따로 분류해 보았을 때, 총 부하에서 냉방부하의 변화는 에너지 사용량에 난방부하에 비해 10%의 비중밖에 차지하지 못하는 것으로 나타났다.

또한 건물의 단열성능 강화는 냉방부하 저감에는 비교적 적은 영향을 주고 있었으며, 이는 앞서 기존 문헌 고찰의 '친환경 주택용 단열기준이 공동주택 단위열부하에 미치는 영향'의 결과와 동일한 결과를 보여주고 있었다.

이는 건물의 냉방부하에 영향을 미치는 요소가 외피를 통한 전도부하 보다 창을 통한 일사부하, 즉 창호의 SHGC에 의한 복사열이 보다 큰 비율을 차지하기 때문인 것으로 보여진다.

또한 다음 표 8은 독일에서 제시되고 있는 친환경 설계 기준인 Passive House의 단열기준과 국내 최초 Zero Energy House인 Green Tomorrow의 단열기준을 현행 단열기준과 비교했을 때의 냉·난방 부하 값이다.⁶⁾

표 8. 친환경 설계기준 냉·난방 부하 비교

(단위 : kWh/yr)		최하층 (1층)	중간층 (8층)	최상층 (15층)
2010 에너지 절약 설계기준	난방	3,835	3,740	6,779
	냉방	1,071	1,981	2,745
Passive House	난방	1,360	1,053	2,681
	냉방	2,146	1,698	2,370
Green Tomorrow	난방	1,226	821	1,296
	냉방	2,402	1,691	2,345

위의 표 8의 값을 통해 향후 친환경 설계 기준에 의한 단열성능을 제안했을 때, 난방부하 보다 냉방부하의 제어가 더욱 중요하게 다뤄져야 한다는 것을 볼 수 있다. 그 이유는 앞서 말한 바와 같이 단열성능의 향상은 난방부하 절감에는 효과적이지만, 냉방부하의 저감에 있어서는 큰 영향을 미치지 못하고 감소하

6) 본 시뮬레이션 입력데이터에서는 실제 Passive House와 Zero Energy House에서 고려하고 있는 외부차양을 통한 여름철 일사유입차단효과와 창호의 열관류율이 0.8W/m²K 전후인 것을 감안하지 않았으며, 단지 외피의 열관류율값만을 변수로 하여 나온 결과임

는 난방부하 대비 냉방부하의 변화량은 비교적 적기 때문에 결과적으로 냉방에너지 요구량이 난방부하에 비해 큰 값을 차지하기 때문이다.

또한 1층의 냉방부하는 단열 기준이 향상될수록 냉방부하 또한 상승하는 모습을 보이고 있으며, 이는 바닥 지표면 단열 성능 향상으로 인해 지표면과의 열전달이 줄어들기 때문이라고 보인다. 따라서 이러한 냉방부하의 상승은 Passive House 및 Zero Energy House에서 적용하고 있는 차양을 통한 일사유입의 차단으로 대처해야 한다고 판단된다.

또한 냉방 부하의 건물 부하 차지 비중이 커짐에 따라 향후 고성능 단열재의 사용 및 단열 기준의 적용 시 난방부하 외에도 냉방부하의 제어 및 관리가 보다 중요해짐을 보여주고 있으며, 이는 단열 성능 이외에도 여타 건축 설계적 요소(자연환기, 중공벽 등의 벽체조합)가 건물에 함께 적용되어야 한다는 것을 이야기한다.

3.4 소결

국내 친환경 건축물 설계 기준의 향상되는 단열성능 및 국내·외적으로 제시되고 있는 친환경 건축물의 기준인 Passive House, Green Tomorrow의 단열성능에 따른 냉·난방 부하를 비교 분석한 결과는 다음과 같다.

- (1) 국내의 법규에서 제시하고 있는 단열 성능에 의한 건물 에너지 부하는 난방부하저감에 지대한 영향을 미치고 있고, 냉방부하저감에는 큰 효과를 기대하기 어렵다.
- (2) 최하층 바닥의 단열성능 향상은 오히려 냉방부하를 증가시키는 결과를 보였다. 이에 적절한 차양의 조합으로 냉방부하를 절감시키는 설계적 기법들을 함께 고려해야 한다.
- (3) 현재 국내·외 친환경 건축물로 꼽히고 있는 Green Tomorrow와 독일의 Passive House 설계기준의 단열성능을 적용해본 결과, 난방부하 절감에는 큰 효과가 있지만 냉

방부하 절감에는 효과가 없어 오히려 냉방부하가 난방부하를 초과하는 역전 현상을 보이고 있다. 이에 창호의 SHGC 및 차양 장치의 설치 등을 병행하여 태양 복사열의 차단을 고려한 냉방부하 절감에 관한 연구도 진행되어야 할 것으로 판단된다.

4. 최적 단열기준에 대한 고찰

4.1 기존 단열기준 발전 추이 분석

건물의 단열 성능기준은 지속적으로 높아지고 있는 반면 기준 향상의 근거는 ‘난방에너지 소비량 과다’라는 명목 하에 추상적으로 20%~30% 단열 성능 강화라는 형식으로 제안되어 왔다. 이는 지속적인 기술의 발전을 통해 단열재의 성능 또한 향상되어 왔기 때문에 실현 가능했던 기준이라고 판단된다. 하지만 Passive House 및 Green Tomorrow 등의 친환경 건축물 단열 기준을 맞추기에는 경제적, 시공적 여건상 현실에 적합하지 않은 것이 사실이고, 그러한 친환경 단열기준 또한 근거가 불명확하여 실현 합리성을 설명하기에 부족하다. 이에 본 장에서는 이러한 단열기준의 일정한 성능 향상에 따른 부하의 변화 추이를 살펴보고, 최적 기준점을 찾아보았다.

4.2 단열 기준 설정 및 시뮬레이션

본 시뮬레이션에서는 단열 기준의 부위별 영향력을 줄이기 위해 중간층의 외벽의 단열 성능만을 변화시킨 후 결과를 비교해 보고자 하였다. 다음의 표 9는 단열 기준에 따른 난방 부하량 이고, 표 10은 변화 추이를 살펴보기 위해 설정한 단열 기준이다. 앞선 결과에 따라 단열 성능의 향상은 냉방부하에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단하여 난방부하만을 비교하였고, 단열 기준은 2010년 최신 단열성능을 기준으로 외부와 직접 면하는 면의 단열 성능만을 변화시켜서 비교하였다.

표 9. 단열성능 향상에 따른 난방 부하량

단열 기준	1세대 (kWh/ yr)	2세대 (kWh/ yr)	3세대 (kWh/ yr)	4세대 (kWh/ yr)	총계 (kWh/ yr)	부하 저감량 (kWh/ yr)
2010년	1,139	735	735	1,130	3,740	-
25% 향상	982	593	593	991	3,160	580
50% 향상	810	434	434	819	2,497	663
75% 향상	614	267	267	622	1,770	727

표 10. 건축물 외벽 단열 성능 비교 기준

	기준	25% 향상	50% 향상	75% 향상
열관류율 (W/m ² ·K)	0.36	0.27	0.18	0.09

위의 표 9에서 보는 바와 같이 단열성능의 향상은 등속변화를 나타내고 있고, 그에 따라 보다 에너지 절약적인 건축물의 설계가 이루어 질 수 있을 것이라고 판단된다.

하지만 본 연구의 가설과 같이 단열재의 종류를 변화시키지 않고, 단열재의 두께 변화를 통해 벽체의 단열성능을 향상시켰을 경우 단열재 두께의 변화는 다음 표 11과 같이 나타난다.

표 11. 단열성능 향상에 따른 단열재 두께 변화

단열 기준	열관류율 (W/m ² ·K)	단열재 두께 ⁷⁾ (mm)	두께 변화량 (mm)
2010년	0.36	79.5	-
25% 향상	0.27	111	31.5
50% 향상	0.18	173.9	62.9
75% 향상	0.09	362.8	188.9

위의 표 11을 살펴보면 열관류율이 같은 정도로 향상될수록 그에 따른 단열재의 두께 변화는 비등속 변위를 나타내며, 단열 성능이 보다 향상될수록 그에 따른 단열재의 두께 변화

7) 본 시뮬레이션에서는 열전도율 0.027W/m²K의 유리섬유 단열재를 적용하였다.

는 보다 가속화 되는 것을 확인할 수 있다.

4.3 소결

건물의 지속적인 단열성능 향상에 따라 향후 건물의 최적 단열성능을 산출하기 위해 단열 기준 향상에 따른 냉·난방 부하를 비교해 본 결과, 단열성능의 향상에 따른 건물의 냉·난방 부하는 단열 성능이 향상하는 정도에 비례하여 줄어드는 반비례 관계를 가지고 있었다. 하지만 지속적인 단열성능의 증가는 단열재 두께의 가속적인 증가를 발생시켰으며, 그에 따른 단열 재료의 변경 및 중공벽, 이중벽 등의 건축 디자인이 함께 고려되어야 될 것으로 판단되었다.

5. 결 론

1979년부터 시행된 ‘건축물 에너지 손실 방지 기준’에 의해 단열성능 기준이 제안되었고, 그 후 보다 친환경적이고 에너지 절약적인 건물의 구현을 위해 점차 높은 단열성능이 제안되고 요구되고 있는 실정이다. 이로 인해 단열성능 향상과 경제성의 연관성 평가, 창호성능의 향상과 에너지 절감의 연관성 평가 등 많은 연구가 진행되고 있지만, 건물의 전체적인 단열성능 평가는 이뤄지지 않고 있다. 이에 본 연구에서는 점차 개정되고 있는 건축물 에너지 절약 설계기준의 건물의 단열기준 향상에 따른 건물 에너지 해석을 통해 부위별 단열성능의 향상과 건물 냉·난방에너지와의 관계를 파악해보고자 하였고, 세부 분석을 통한 향후 단열기준의 방향을 제시하고자 하였다.

연구의 수행 결과

- (1) 단열성능의 향상이 건물 에너지사용량에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 난방부하 절감에는 큰 영향을 미치는 것으로 나타났지만 냉방부하의 절감에는 비교적 적은 영향력을 보이는 것을 확인할

수 있었다. 그리고 에너지 손실이 많은 최상층의 경우 지속적인 지붕관련 기준이 상향됨에 따라 중간층과의 냉·난방부하 차이가 3배에서 2배로 큰 폭의 저감효과를 얻을 수 있었다. 또한 최하층의 경우 바닥 단열성능이 높아질수록 냉방부하가 증가한다는 사실도 확인할 수 있었다.

- (2) 독일의 Passive House 설계기준과 국내의 Green Tomorrow 설계 단열기준을 적용한 결과 전체 에너지 부하 값은 급격하게 줄었지만, 냉방부하가 상승하거나 난방부하에 비해 적게 감소하여 난방부하보다 높은 값을 나타내는 것으로 나타났다. 이에 향후 건물의 설계 시, 냉방부하의 저감이 보다 중요한 요소로 떠오를 것이라 판단되며, 이는 단열성능향상 이외에 자연환기, 차양, 창호의 SHGC 등을 함께 고려한 설계안 도출이 필요할 것으로 보인다.
- (3) 건물의 지속적인 단열 성능향상을 분석해보았을 때 단열 성능의 향상이 에너지 절약에 일정한 효과를 보이는 것을 확인할 수 있었지만, 그에 따른 단열재의 두께 및 요구도가 급속도로 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이에 건물 외피의 두께를 일정 수준으로 유지하면서 건물의 성능을 향상시키기 위해서는 슈퍼단열재의 활용을 통한 단열 성능 향상과 함께 중공벽, 이중벽, 축열벽 등의 활용을 통한 설계적인 개념이 적용되어야 할 것으로 판단된다.

본 논문에서는 단열성능향상을 연도별로 진행하여 에너지 요구량을 분석하였지만, 향후 연구에서는 부위별 단열 특성을 분리하여 분석하는 연구가 진행되어 부위별 단열성능향상에 따른 에너지 요구량의 저감에 대한 정확한 데이터 수집이 진행되어야 하며, 냉방 부하 저감을 위한 시스템 및 건축 설계적인 고려가 함께 진행되어야 할 것이다.

후 기

본 연구는 2011년도 한국연구재단의 연구비 지원으로 수행되었음(과제번호 : 2011-0000368)

참 고 문 헌

1. 문선애, 조성환, 유호선, 문승재, 이재현, 친환경 주택용 단열기준이 공동주택 단위 열 부하에 미치는 영향, 대한설비공학회 논문집, 제 22권 제3호, 2010
2. 장희경, 김상우, 김영탁, 윤성환, 에너지절감을 고려한 공동주택 외피단열사양의 경제성 검토, 한국건축친환경설비학회 추계학술 발표논문집, 2009
3. 김주환, 이태구, 조경민, 김주수, 독일 패시브하우스 단열 기준을 통한 국내 패시브하우스 사례 비교분석, 대한건축학회논문집, 제50권 제4호, 2010
4. 에너지관리공단, 건축물의 에너지절약 설계기준 해설서, 2010
5. 서울시정개발연구원, 저탄소사회를 향한 서울시 건물에너지 저감전략, 2009