

비주거용 건물의 외피 리모델링을 통한 에너지성능향상 방안에 관한 연구

A Study on the Non-residential Building Envelope Remodeling for Energy Efficiency

장 현 숙*
Jang, Hyun-Sook

이 상 호**
Lee, Sang-Ho

Abstract

The slowdown of private building industry resulted in growth of remodeling market as a way to improve energy performance. Remodeling is considered more cost-effective and eco-friendly approach for energy efficient building than new construction. Since 2008, Seoul has promoted Building Retrofit Project (BRP) preponderantly to attract energy-saving renovation by supporting building owners to switch building system into energy-saving system when they remodel their old buildings. According to 2012 press release, 254 Private sectors participated in this green building project and annually reduced 41000ton of greenhouse gas emission, 14000TOE, which also result in 7.5 billion won energy cost savings per year.

The paper focuses on the building envelope remodeling as a way to improve energy efficiency. Different components of the building envelope such as wall insulation, window, and shading, were applied to the baseline model and the comparison was analyzed to come up with the ideal solution. This study only assesses the building envelope as to suggest the way to redesign the better energy performing building. Offering solution focusing on the architectural feature is essential because it will provide basic information and standard when remodeling a building for energy efficiency, especially, for the nonresidential buildings used as rental offices.

Keywords : Nonresidential building, Envelope remodeling, Energy efficiency

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

리모델링의 경우 골조 및 일부 마감을 재사용함으로써 신축 대비 비용절감은 물론, 자원절약 및 환경보호 효과를 거둘 수 있다는 긍정적인 반응과 함께 다양한 정책적 지원으로 건설시장의 새로운 대안으로 부상하고 있다.

서울시는 2007년 '서울시 기후변화기금 설치 및 운용에 관한

조례'를 마련하고, 그 일환으로 '건물에너지합리화사업 (BRP, Building Retrofit Project)'을 추진, 올해까지 지속적으로 시행하고 있다. 건물에너지합리화사업(BRP)은 건물의 에너지 손실과 비효율적 요인을 개선하기 위해 시설개선을 통한 에너지 절감 및 이용 효율을 향상시키는 사업으로 그 대상범위는 시설개선이나 건물 리모델링을 포함하고 있다. 또한 2011년부터는 건물소유자로 한정되었던 용자신청대상자가 ESCO(에너지전문기업)사업자로 확대됨에 따라 재정여건이 열악한 건물주에게도 추

* 중신회원, 연세대학교 대학원 건축공학과 박사과정, 친환경건축디자인연구소 대표, jjang8201@hanmail.net

** 일반회원, 연세대학교 건축공학과 교수, 공학박사(교신저자), sanghoyi@yonsei.ac.kr

진 기회가 제공됨으로써 그 성과는 대폭 확대될 것으로 예상되고 있다.

이러한 사회적 추세에 따라 노후화 되고, 에너지 과소비형인 기존 건물의 에너지절약형 리모델링은 필수적이라고 할 수 있다. 본 연구는 기존 건물의 에너지성능 향상을 위한 대책으로, 해석모델 분석을 통해 외피 리모델링 시 기존 건물의 에너지 절감효과를 제시함으로써 실제 리모델링 건물 계획 시 적용가능한 기초 자료를 제공함에 그 목적이 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 비주거용 건물의 외피 리모델링 시 에너지성능향상을 고려한 기초연구로서 건축부문의 에너지성능향상 요소인 외피분석을 통해 기존 건물의 에너지 절감을 위한 효과적인 리모델링 방안을 범위로 한다.

비슷한 규모와 형태의 건물이라도 재실자의 행동패턴 및 건물 운영방식에 따라 에너지 사용량이 달라짐에 따라 비주거용 건물 중 용도가 업무시설인 건물을 연구의 대상으로 하였으며, 3장에서 사용되는 에너지해석 프로그램으로는 2011년 에너지관리공단에서 업무시설 건물에너지효율등급 평가 및 교육을 위해 배포한 공개용 평가틀인 ECO2를 사용하였다.¹⁾

본 연구의 각 단계별 방법은 그림 1과 같다.



그림 1. 연구의 흐름도

2. 건물 리모델링과 에너지성능

2.1 건물 리모델링

리모델링은 기존 건축물의 유지·보수, 증·개축, 대수선 등

을 포함하는 넓은 개념으로 이해된다. 그리고 리모델링 시장은 기본 골조를 유지하면서 시설의 노후화를 억제하거나, 그 기능을 향상시켜 건축물의 물리적·사회적 수명을 연장하는 일체의 활동 영역을 포함하는 시장을 의미한다고 정의할 수 있다.²⁾

최근 환경보전 및 자원 절약적 활동의 확대와 연계되어 경제적 운영·관리의 필요성이 증대됨에 따라 리모델링 시장은 기존 건물의 에너지를 절약할 수 있는 성능향상형 리모델링 방향으로 그 수요가 증가하고 있는 추세이다.

70~80년대 이후 개발붐을 타고 전국적으로 대거 건축된 대형 빌딩들의 경우 당시 건축물의 에너지 성능을 규제하는 관련법 등의 부재³⁾로 인해 상당수가 건물의 에너지효율 개선과 같은 환경부분을 고려하여 설계·시공된 경우가 대단히 미약한 실정으로, 현재 국내 건축물 중 약 40% 이상을 차지하고 있다.[표 1] 이에 리모델링 시 고성능단열재 사용, 각종 에너지 설비의 첨단화 등으로 에너지 소비를 절감하고, 궁극적으로 빌딩의 경제적 운영·관리를 가능케 하는 방안이 활발히 모색되어야만 한다.

표 1. 「2011년 건축물 현황 통계」중 전국 건축물연한 비율

(단위 : 동)

전국	합계	15년미만		15년이상 ~25년미만		25년이상		기타	
		동수	비율	동수	비율	동수	비율	동수	비율
합계	6,731,787	1,765,251	26.2%	1,599,610	23.8%	2,764,638	41.1%	602,288	8.9%
수도권	1,893,222	579,710	30.6%	570,656	30.1%	571,269	30.2%	171,587	9.1%
비수도권	4,838,565	1,185,541	24.5%	1,028,954	21.3%	2,193,369	45.3%	430,701	8.9%

※ 출처: 국토해양부

이러한 방안 중 건물 외피에 대한 고려는 가장 보편적이며 비중이 큰 필수 요소이다. 이는 건물의 외피가 구조체의 열전도나 창문의 일사확득 등을 통해 열확득과 열손실이 가장 많이 발생하는 부분으로, 축열용량이 큰 외벽은 외부환경 조건이 실내로 직접 전달되는 것을 지연시키며 실내의 온도 변화의 폭을 줄여주는 등 실내환경과 실외환경의 경계로서 미기후가 건물에 미치는 영향을 줄이거나 늘이는 필터 역할을 하기 때문이다.

2) 리모델링 시장 개념과 전망, 운영성, 빌딩문화, 2000.06

3) 우리나라에 단열기준이 처음 도입된 것은 1979년으로 주택에 한정적이었다. 1992년 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」이 제정됨에 따라 건축물의 부위별 단열기준을 제시, 인·허가 단계에서 단열설치를 의무화하기 시작하였다.

1) 에너지관리공단, www.kemco.or.kr / 건물에너지절약사업 내 정보자료실 /2011.04.25
[건축물 에너지효율등급 평가 프로그램 게시]

2.2 건물 리모델링과 에너지성능향상

에너지성능향상을 위해서는 기존 건물의 에너지 소비특성을 검토함으로써 에너지 소비요소를 추출하여 보완하는 방안이 가장 바람직하다.

2.2.1 비주거용건물의 에너지 소비특성과 요소

비주거용 건물(사무소) 건물에서 에너지가 소비되는 특성을 살펴보면 그림 2와 같이 냉방, 난방이 대표적이다.

특히 국내 90년대를 기점으로 지어진 대형건물의 경우 유리에 의한 투명화 경향을 보이고 있는데, 이러한 커튼월 건물들에서 나타나는 특징은 실내·외 발열부하가 매우 높다는 것이다. 따라서 실내 환경의 질이 악화되어 있으며, 이를 개선하기 위해 많은 양의 에너지를 냉·난방용으로 사용하고 있다.

(단위 : toe)

(Unit :toe)

	합계	냉방	난방	급탕	일반출력	조명	사무기기 및 기타	
합 계	165,661.1	40,984.1	44,097.4	5,805.7	24,674.9	25,098.4	25,000.6	Total
석유소계	37.0	0.5	0.9	-	-	-	35.6	Subtotal(Petroleum)
실내등유	-	-	-	-	-	-	-	Kerosene(Indoor)
보일러등유	-	-	-	-	-	-	-	Kerosene(Bollier)
경 유	37.0	0.5	0.9	-	-	-	35.6	Diesel
B - A	-	-	-	-	-	-	-	Bunker-A
B - C	-	-	-	-	-	-	-	Bunker-C
프 로 판	-	-	-	-	-	-	-	Propane
부 탄	-	-	-	-	-	-	-	Butaane
도시가스	47,809.6	14,261.9	26,104.0	4,636.4	-	-	2,807.2	Town Gas
전력소계	107,466.4	23,748.1	11,787.2	-	24,674.9	25,098.4	22,157.8	Subtotal(Electricity)
지역난방	10,348.2	2,973.7	6,205.2	1,169.3	-	-	-	District Heating

* 용도별 전력사용량에 자가발전 전력량 포함

※ 출처: 에너지경제연구원

그림 2. 「2011년도 에너지총조사 보고서」의 업체별 소비량 중 일반빌딩 부분

1) 냉방

비주거용 건물에서 냉방에너지가 차지하는 비중은 상당히 크다. 이는 낮은 천장높이, 깊이가 깊은 평면구성, 높은 창면적비 등의 건물의 형태적 특징과 더불어 재실 밀도 증가 및 기기와 인공조명 사용의 증가로 냉방부하가 높아지면서 기계식 냉방으로 해결하기 때문이다.

2) 난방

비주거용 건물은 주거용 건물에 비해 난방에너지가 차지하는 비중은 상대적으로 낮지만, 비주거용 건물의 특성상 건물 외피가 예열되기 전인 오전 시간대 미리 예열을 해야 하는 재실자의 거주 특성과 소규모 비주거용 건물의 경우 외피에 의한 열손실 및 침기로 인한 난방부하는 반드시 고려해야 한다.

이와 같은 소비특성과 건물의 에너지 소비에 영향을 미치는 요소를 그림 3과 같이 분류하였으며, 이는 에너지 절약 방안의 적용이 가능하다고 판단되는 요소이기도 하다.

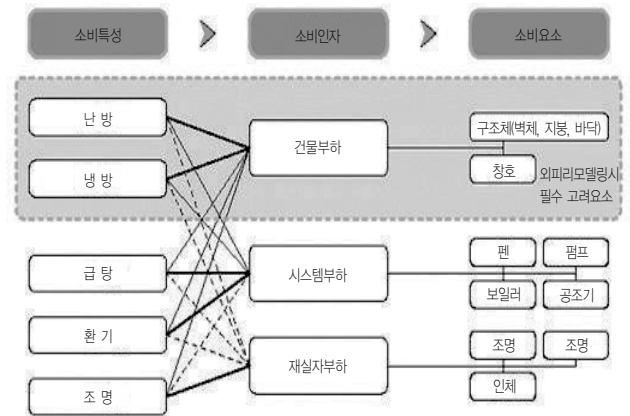


그림 3. 건물 에너지 소비특성 및 소비요소⁴⁾

2.2.2 건물 리모델링 시 에너지성능향상 요소

기본적으로 건물에서 에너지성능향상을 위한 방법으로는 크게 에너지요구량(energy requirement)을 감소시키는 건축적인 방법, 즉 패시브(passive)적인 기술과 에너지 사용기기 및 시스템의 효율을 향상(efficiency improvement)시키는 설비적인 방법, 즉 액티브(active)적인 기술 2가지로 나눌 수 있다. 이 중 패시브적인 기술은 건축물을 구성하는 물리적인 형태나 외관 등을 활용한 기술로서 추가적인 에너지 사용 없이 건물의 에너지성능을 향상시킬 수 있는 기술로서, 특히 리모델링을 계획 시 가장 우선적으로 검토되어야 할 기술요소이기도 하다.⁵⁾

본 연구에서는 2.2.1에서 고찰한 비주거용 건물의 에너지 소비특성 및 요소와 ECO2 프로그램 특성을 고려하여 건물에너지 소비요소 중 건물 외피 리모델링 시 적용가능한 패시브적인 요소를 추출, 이를 3장의 에너지성능분석 요소로 사용하고자 한다. 추출된 에너지성능분석 요소는 그림 4,와 같다.

4) 「성민기, 사무소 건물 에너지 소비 인자의 영향력 평가 방법에 관한 연구, 서울대학교 대학원 석사논문, 1998」을 참고하여 재구성함.

5) 「건축물의 에너지 절약 설계기준(국토해양부 고시 제 2010-1031호)」에서는 에너지 절약 설계기준을 건축부분, 기계설비부분, 전기설비부분, 신·재생에너지설비부분을 의무사항과 권장사항으로 구분, 건축물 설계부터 에너지를 절감할 수 있도록 법적으로 규제화하고 있다.

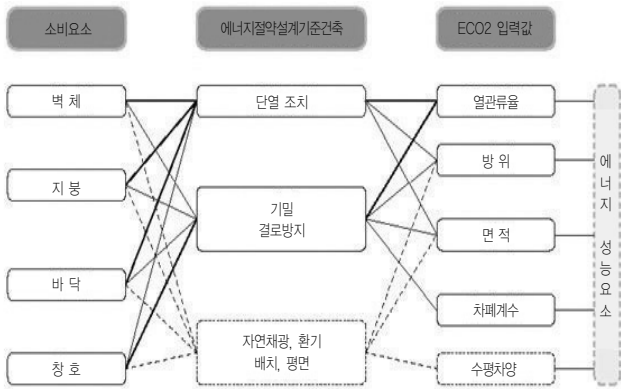


그림 4. 에너지성능분석 요소 추출 프로세스

3.2 에너지성능분석을 위한 조건 설정

3.2.1 입 · 출력조건

본 연구에서는 해석모델의 에너지성능분석을 위해 다음과 같이 입 · 출력조건을 설정하였다. 입 · 출력조건이라 함은 에너지 해석 프로그램인 ECO2 의 소요량 분석을 위해 입력되는 설정값을 의미한다.

1) 물리적 설정조건

현재 건물의 실태조사를 통한 해석모델의 물리적 설정조건은 표 3과 같다.

표 3. 해석모델 물리적 요소값

구분	내용		비고
외피	외벽	열관류율 3.05W/m ² · K	표4. 참고
	지붕	열관류율 2.71W/m ² · K	
	바닥	열관류율 3.76W/m ² · K	
	창호(단창)	열관류율 6.6W/m ² · K	
	창면적비	45%	
기계	공조기	CAV + FCU	
	열원	온수보일러, 지역난방 흡수식 냉온수기, 터보냉동기	
전기	조명	20W/m ²	

3. 해석모델의 에너지성능분석

3.1 해석모델 개요

본 연구에서는 정량적인 비교분석을 통해 실용가능성을 검증하기 위해 해석대상 건물로 서울시 중구 저동에 위치하고 있는 업무시설을 선정하여 에너지성능 분석을 하였다. 해석모델은 1970년에 준공된 건물로 지하 2층, 지상 18층 임대용 업무시설로 기준층은 사무공간과 코어 및 화장실 등으로 구성된 당시 일반적인 타입의 임대용 업무시설이라 할 수 있다. 건물 개요와 기준층 평면은 표 2와 그림 5와 같다.

표 2. 해석모델 개요

구분	내용
건물명	OO 빌딩 (서울특별시 중구 저동 소재 건물)
용도	업무시설
연면적	34,451.54m ²
건축면적	2,121.60m ²
층수	지하 2층 / 지상 18층, 층고: 3.6m (천정고: 2.6m)
구조	철근콘크리트조
방위	남향

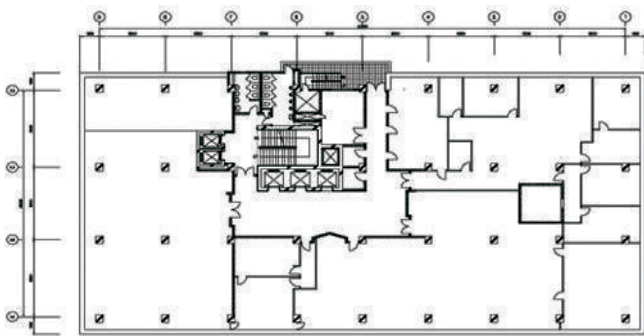


그림 5. 해석모델 기준층 평면도

2) 사용프로필

ECO2는 사용프로필이 11가지 항목으로 나누어져 있으며, 각 사용시간과 운전시간, 연간사용일수, 최소도입 외기량, 인체 · 기기 발열량, 일일급탕요구량이 프로그램 상 이미 설정되어 있어 사용자의 수정이 불가능하다.

3) 기상데이터

기상데이터는 ECO2 서버로부터 표준프로파일을 가져오는 방식으로 국내 13개 지역의 월별 평균데이터의 선택이 가능하다.

3.2.2 변수 입 · 출력조건

그림 4.와 같은 프로세스 과정을 통해 본 연구의 3.3에서 에너지성능 비교 · 분석에 필요한 요소별 변수를 그림6과 같이 선정하였다.

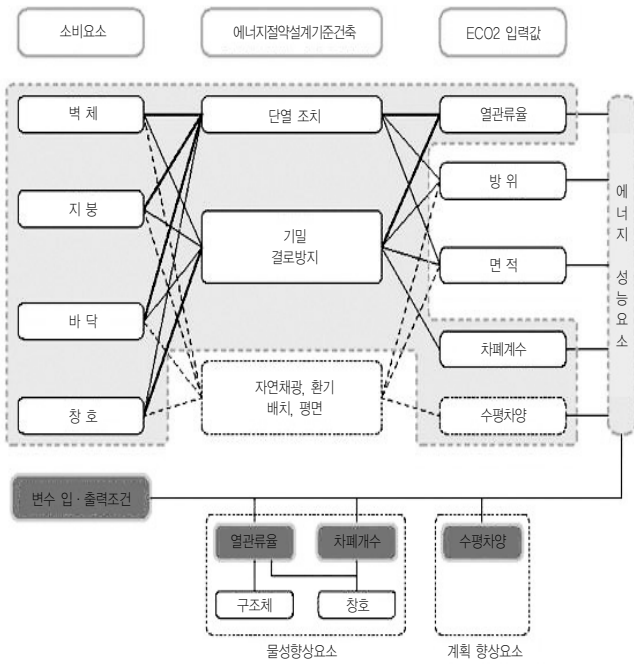


그림 6. 해석모델 변수 입·출력조건

3.3 요소별 에너지성능분석⁶⁾

ECO2를 통한 해석모델의 에너지성능 해석결과, 단위면적당 1차 에너지소요량은 479.90kWh/m²·y로 난방에너지 55.80kWh/m²·y, 냉방에너지 90.30kWh/m²·y, 급탕에너지 42.30kWh/m²·y, 조명에너지 122.6kWh/m²·y, 환기에너지 168.90kWh/m²·y로 분석되었다.

3.3.1 물성향상요소 : 구조체성능 강화

해석모델 구조체의 현재, 변수별 열관류율 / 형별성능은 표 4와 같다.

해석모델에 법적기준과 법적기준 대비 10%, 30%, 50% 강화된 변수를 적용하였을 때의 에너지분석 결과값은 표 5와 같다.

표 5. 구조체 단열강화에 따른 건물 요구량 및 1차 에너지소요량 분석

(단위 : kW/m²·y, %)

구분	난방		냉방		1차 에너지	
	요구량	절감율	요구량	절감율	소요량	절감율
해석모델	68.50	-	34.80	-	479.90	-
법적기준	46.30	32.41	37.70	-8.21	442.30	7.83
10% 상향	46.00	32.85	37.80	-8.50	441.50	8.00
30% 상향	45.50	33.58	37.90	-8.79	440.30	8.25
50% 상향	45.00	34.31	38.00	-9.08	439.00	8.52

6) ECO2를 이용한 에너지성능분석 산출방법은「건축물 에너지효율등급 인증규정(국토해양부고시 제2009-1306호)」 및 「건축물 에너지효율등급 인증제도 운영규정」의 기준에 따른다.

표 4. 해석모델 구조체 입력조건

구분	열관류율 (W/m ² ·K)		
	벽체 (외기직접)	지붕 ⁷⁾ (외기직접)	바닥 (외기직접)
해석모델 (1969년)	3.05	2.71	3.76
법적기준 (2011년) ⁸⁾	0.36	0.20	
법규대비 10% 강화	0.32	0.18	전면 리모델링이 아닌 경우 천정고 등의 영향으로 실제 공사반영에 어려움이 있는 요소임.
법규대비 30% 강화	0.25	0.14	이에 3.3의 에너지성능분석 요소에서는 제외함.
법규대비 50% 강화	0.18	0.1	

현재 법적기준을 적용할 경우 1차 에너지소요량은 442.30kWh/m²·y로 해석모델 대비 37.60kWh/m²·y(약 7.83%) 절감을 보였다. 그리고 법적기준 대비 각 10%, 30%, 50% 단열성능을 강화하였을 경우 법적기준을 적용한 결과값 대비 단계마다 약 0.17%, 0.25%, 0.27% 절감되는 비교적 미미한 차이를 보였다.

3.3.2 물성향상요소 : 창호성능 강화

해석모델 창호의 현재, 변수별 열관류율/차폐계수는 표 6과 같다.

7) 단열재 이외의 건축자재의 열전도값은 에너지절약설계기준 해설서에 제시된 자료를 기준으로 적용하거나, 사용 자재에 대한 공인기관의 시험성적서를 바탕으로 적용할 수 있다. 옥상조경의 경우 제시된 자료에 해당내용이 없 열관류율 계산시 제외되므로 본 연구에서는 옥상조경 적용에 관한 사항은 고려하지 않았다.

8) 법적기준은 현재 적용되고 있는 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 (국토해양부령 제408호)」 제21조 「건축물의 연소실방지」와 관련, [별표4]의 지역별 건축물부위의 열관류율표에 따른다.

표 6. 해석모델 창호 입력조건

구 분	해석모델 (1969년)	법적기준 (2011년)	법규대비 10%강화	법규대비 30%강화	법규대비 50%강화	기준창 + 단열필름 ⁹⁾
열관류율 ¹⁰⁾ (W/m ² · K)	6.60	2.40	2.16	1.68	1.20	5.90
차폐계수 ¹¹⁾	1.00	0.60	0.60	0.40	0.40	0.63

해석모델에 법적기준(2.40W/m² · K, THK24 로이복층유리)과 법적기준 대비 10%, 30%, 50% 강화된 변수와 재실 리모델링을 고려하여 기존 창호 교체없이 창호의 물성을 향상시킬 수 있는 단열필름을 적용하였다. 이와 같은 변수를 적용하였을 때 에너지 분석 결과값은 표 7과 같다.

표 7. 창호 단열강화에 따른 건물 요구량 및 1차 에너지 소요량 분석

(단위 : kWh/m² · y, %)

구 분	난방		냉방		1차 에너지	
	요구량	절감율	요구량	절감율	소요량	절감율
해석모델	68.50	-	34.80	-	479.90	-
법적기준	41.20	39.85	41.30	-18.55	446.00	7.06
10% 상황	39.80	41.90	41.80	-19.98	444.90	7.29
30% 상황	36.90	46.13	43.00	-23.43	430.60	10.27
50% 상황	34.10	50.22	44.10	-26.59	428.10	10.79
기준창 + 단열필름	48.40	29.34	39.00	-11.95	465.70	2.96

현재 법적기준을 적용할 경우 1차 에너지소요량은 446.00kWh/m² · y로 해석모델 대비 33.90kWh/m² · y(약 7.06%)의 절감을 보였다. 그리고 법적기준 대비 10%, 30%, 50% 단열성능을 강화하였을 경우 법적기준을 적용한 결과값 대비 단계마다 약 0.23%, 2.98%, 0.52%의 절감을 보였으며, 그 절감율은 단열성능 외에 적용한 차폐계수에 비례한 변화를 보였다. 이는 단열이 강화되어 실내 열이 외부로 배출되지 못함에도 불구하고 차폐계수 강화로 일사에너지 유입이 감소하기 때문으로 판단된다.

또한 기존 해석모델에 단열필름을 적용한 경우에도 단열성능이 법적기준 수준에는 미달되지만 열관류율 및 차폐계수 향상으로 1차 에너지소요량은 465.70kWh/m² · y로 해석모델 대비 14.20kWh/m² · y(약 2.96%)의 절감을 보였다.

9) 단열필름의 경우 「건축물의 에너지절약 설계기준」의 [별표 3]의 '창 및 문의 단열성능'과 같이 표준화 된 법적기준이 현재까지는 없으며, 업체별 제품의 물성치가 다양함에 따라 각 회사별 성적서를 바탕으로 한 일정 성능값을 적용하였다.

10) 창호의 열관류율은「건축물의 에너지 절약 설계기준(국토해양부 고시 제 2010-1031호)」의 [별표3]의 '단창(열교차단재 미적용)'을 적용하였다.

11) 해석모델의 값인 1을 기준으로 법적기준~법규대비10% 범위에서는 차폐계수 0.6을, 법규대비30%~50%범위에서는 0.4를 적용하였다.

3.3.4 계획향상요소 : 수평차양 설치

차양은 실내로의 직달일사를 차단하여 여름철 냉방부하를 절감할 수 있는 건축계획요소이다. 해석모델에 적용한 수평차양각¹²⁾의 변수는 표 8과 같다.

표 8. 해석모델 수평차양각 입력조건

구 분	해석모델	수평차양 25°	수평차양 41°	수평차양 50°
차양 설치각				

해석모델의 경우 업무공간이 남향으로 배치되어 있음에 따라 본 연구에서는 수평차양 계획만을 고려하였으며, 해석모델에 25°, 41°, 50°의 수평차양각을 계획하였을 때 결과값은 표 9와 그림 7과 같다.

표 9. 수평차양설치에 따른 건물 요구량 및 1차 에너지소요량 분석

(단위 : kWh/m² · y, %)

구 분	난방		냉방		1차 에너지	
	요구량	절감율	요구량	절감율	소요량	절감율
해석모델	68.50	-	34.80	-	479.90	-
수평차양25°	70.60	-3.07	32.10	7.86	462.90	3.54
수평차양41°	74.40	-8.61	28.00	19.63	439.00	8.52
수평차양50°	77.20	-12.7	25	28.24	430.7	10.25

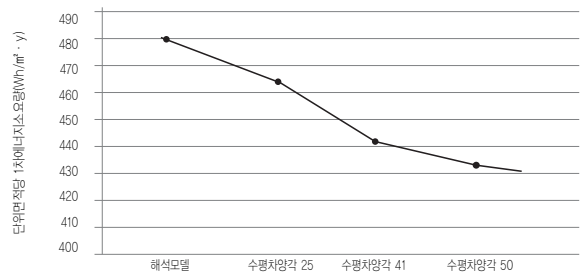


그림 7. 수평차양설치에 따른 1차 에너지소요량 분석

수평차양각을 25°로 계획하였을 때는 해석모델 대비 1차 에너지소요량 값의 차이가 약 17.00kWh/m² · y로 크게 변화가 없었으나, 41°로 적용하였을 때는 그 차이가 약 40.90kWh/m² · y로 다소 큰 변화가 있었다.

3.4 에너지성능 분석결과

요소별 에너지성능을 분석한 결과 물성향상요소인 구조체와

12) 수평차양각은 외벽 창의 중심점으로부터 돌출된 차양 끝점까지 이은 각도이다. (ECO2 매뉴얼 참고) 해석모델의 돌출길이에 따른 수평차양각은 0.35m인 경우 약 25°, 0.70m인 경우 약 41°, 1m인 경우 약 50°이다.

창호의 단열성능을 강화시 에너지요구량이 난방에너지는 동절기 열손실 감소로 인해 절감되는 것으로 나타났지만, 하절기의 경우 내부발열 등으로 인해 냉방에너지요구량은 오히려 증가되는 것으로 나타났다. 즉, 건물 외피의 단열강화가 난방부하 절감에는 효과적이나 냉방부하는 증가시켜 전체적으로 절감효과가 감소되는 것을 알 수 있었다. 이는 비주거용 건물, 즉 업무시설의 경우 주시간대 높은 재실밀도를 갖는 에너지소비특성에 따른 결과로 사료된다.

이에 실내로 유입되는 일사 열획득량을 저감, 냉방부하를 줄일 수 있도록 계획향상요소로 수평차양을 적용하는 것이 효과적일 수 있다.

4. 에너지성능 분석결과 및 해석

4.1 에너지성능 분석결과에 따른 해석 모델의 에너지 성능향상 계획

4장에서는 본 연구의 대상이 기존 건물의 리모델링임을 고려하여 3장에서 분석한 에너지성능향상 요소를 다음과 같이 2가지 안으로 분류하여 에너지성능향상안을 제시, 비교하여 보았다.

4.1.1 [1안] : 해석모델 창호 유지안

1안은 재실 리모델링을 고려한 안으로 해석모델의 기존 창호를 유지한 에너지성능향상안이다. 물성향상요소 중 창호는 단열 필름을 적용하였으며, 구조체는 단열성능을 단계별로 강화시켰다. 또한 계획향상요소로서 수평차양각은 3.3.4의 에너지성능분석 결과값 중 냉방에너지 절감율이 컸던 41°를 적용하였다. 1안에 대한 에너지성능향상 결과값은 표 10과 그림 8과 같다.

표 10. 1안 : 해석모델 창호 유지안 - 1차 에너지소요량 분석

(단위 : kWh/m² · y, %)

구 분	기준창 + 단열필름 + 수평차양각 41°		건축물에너지효율 예상등급		
	1차 에너지소요량	절감율			
구조체 + 창호	해석모델	1차 에너지소요량	411.9	4등급	
		절감율	-		
	법적기준	1차 에너지소요량	359.1	12.82	3등급
		절감율	-		
	10% 상황	1차 에너지소요량	358.8	12.89	3등급
		절감율	-		
	30% 상황	1차 에너지소요량	352.1	14.52	3등급
		절감율	-		
	50% 상황	1차 에너지소요량	351.5	14.66	3등급
		절감율	-		

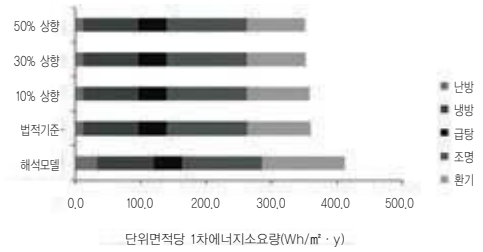


그림 9. 2안 : 해석모델 창호 교체안 - 1차 에너지소요량 분석

해석모델의 경우 3.3에서 분석하였듯이 단위면적당 1차 에너지소요량이 479.90kWh/m² · y로 「건축물에너지효율등급 인증기준¹³⁾」 5등급의 성능을 만족하는 건물이었으나, 1안의 기준을 적용하여 분석한 결과, 최소 4등급에서 최대 3등급에 준하는 성능으로 향상될 수 있었다. 1안의 경우 창호의 단열성능 외에 차폐 계수가 단계별로 강화되면서 물성향상을 10%, 30%, 50% 적용한 결과 각 단계마다 약 1.52%, 2.79%, 1.59% 씩의 에너지절감율을 보였다.

4.1.2 [2안] : 해석모델 창호 교체안

2안은 해석모델의 창호 교체안으로 물성향상요소인 구조체와 창호의 단열성능을 단계별로 강화 시켰다. 또한 계획향상요소로서 수평차양각은 1안과 동일한 41°를 적용하였다. 2안에 대한 에너지성능향상 결과값은 표 11과 그림 9과 같다.

표 11. 2안 : 해석모델 창호 교체안 - 1차 에너지소요량 분석

(단위 : kWh/m² · y, %)

구 분	수평차양각 41°		건축물에너지효율 예상등급		
	1차 에너지소요량	절감율			
구조체 + 창호	해석모델	1차 에너지소요량	472.3	5등급	
		절감율	-		
	법적기준	1차 에너지소요량	354.3	24.98	3등급
		절감율	-		
	10% 상황	1차 에너지소요량	347.1	26.51	2등급
		절감율	-		
30% 상황	1차 에너지소요량	333.9	29.30	2등급	
	절감율	-			
50% 상황	1차 에너지소요량	326.4	30.89	2등급	
	절감율	-			

13) 「건축물 에너지효율등급 인증규정(국토해양부고시 제2009-1306호)」신축 업무용건축물

연간 단위면적당 1차 에너지 소비량(kWh/m² · y) :

1등급 : 300미만 4등급 : 400이상 450미만
 2등급 : 300이상 350미만 5등급 : 450이상 500미만
 3등급 : 350이상 400미만

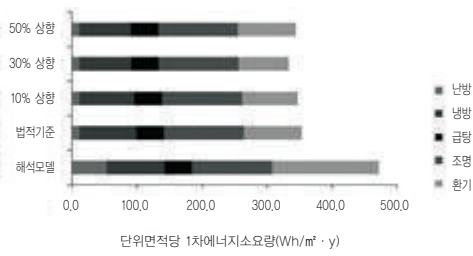


그림 9. 2안 : 해석모델 창호 교체안 - 1차 에너지소요량 분석

2안의 기준을 적용하여 분석한 결과, 최소 3등급에서 최대 2등급 기준에 만족하는 성능으로 향상될 수 있었다.

4.2 연구의 과제

본 연구에서 제시한 에너지성능향상요소 외에 다양한 요소를 다루지 못했다는 점이 한계일 수 있겠으나, 단열재 등을 적용한 단열강화 이외의 다양한 요소를 적용할 경우 분석 변수범위가 광범위하게 늘어날 수 있다. 또한 본 연구에서 다루지 않은 단열 및 미관성능을 향상시킬 수 있는 벽면녹화, 옥상녹화 등의 경우 앞서 검토하였듯이 열관류율 계산시 에너지절약설계기준에 의한 표준화된 객관적인 기준이 부재함에 따라 본 연구와 같이 에너지해석 프로그램을 사용하여 에너지성능향상 결과를 분석하는 경우에는 적용하기가 어렵다.

단열필름의 경우 회사별 제품마다 그 성능이 너무나 다양하며 법적으로 표준화 된 기준이 부재함에 따라 제품별 성적서 등을 바탕으로 일정 성능값을 임의 지정할 수밖에 없었으며, 이는 본 연구의 한계일 수 있다.

이번 연구에서는 요소별 성능분석을 통한 에너지성능향상방안 모색을 제시로 연구결과를 마무리하였지만, 향후 연구에서는 규모에 따른 에너지성능분석 뿐만 아니라 각 에너지성능향상안에 따른 경제성 분석을 통해 효과적이며, 타당성 있는 방안을 제시하고자 한다.

5. 결론

본 연구에서는 비주거용 건물 중 업무시설을 대상으로 건물 리모델링 시 에너지성능향상을 위해 적용가능한 건축적 방안을 모색하여 보았으며, 결론은 다음과 같다.

1) 비주거용 건물 중 업무시설의 에너지 소비요소 고찰을 통해 이를 보완할 수 있는 요소를 에너지성능향상 요소로 정의하였다. 본 연구 대상과 범위 특성상 에너지성능향상 요소는 외피성능 강화요소로 한정하였으며, 이에 따라 추출된 요소는 구조체(외벽/지붕/바닥), 창호, 차양이었다. 이 중 구조체와 창호는 물

성향상요소로 차양은 계획향상요소로 구분, 정의하였다.

2) 물성향상요소인 구조체와 창호의 단열성능을 강화시켜 분석한 결과, 난방에너지는 겨울철 열손실 감소로 인해 절감되는 것으로 나타났지만 냉방에너지는 여름철 실내발열 및 제어되지 않는 일사유입 등으로 인해 오히려 증가되는 것으로 나타났다. 이는 업무시설의 경우 주시간대 높은 재실밀도를 갖는 에너지소비특성에 따른 결과로 사료된다.

3) 물성향상요소 중 창호의 경우 단열성능 외에 적용한 차폐계수에 비례한 절감율을 보였다. 이는 단열이 강화되어 실내 열이 외부로 배출되지 못함에 불구하고 차폐계수 강화로 일사에너지 유입이 감소하기 때문으로 판단된다.

4) 기존 해석모델에 단열필름을 적용한 경우에도 단열성능이 법적기준 수준에는 미달되지만 열관류율 향상을 통한 겨울철 난방에너지 손실 저감과 차폐계수 향상을 통한 여름철 일사에너지 유입을 차단을 통해 전체적인 1차 에너지소요량을 감소시켰다.

5) 계획향상요소인 차양은 실내로의 직달일사를 차단하여 여름철 냉방부하를 절감할 수 있는 방안으로 설치 길이와 각도가 길고 클수록 우수할 수 있다. 하지만 겨울철에는 일사의 유입을 통해 난방부하 또한 줄일 수 있어야 하므로 에너지성능분석 등을 통한 효과적인 계획을 수립하여야 할 것이다.

6) 4장에서는 3장에서 요소별 에너지성능분석을 통해 해석모델의 에너지성능향상안을 1안, 2안으로 구분하여 제시하였다.

재실 리모델링을 고려하여 해석모델의 기존 창호를 유지, 단열필름을 적용한 1안의 경우에는 최소 4등급에서 최대 3등급 기준에 만족하는 성능으로 향상될 수 있었다. 창호를 에너지절약 계획 설계기준 이상으로 교체한 2안의 경우에는 최소 3등급에서 최대 2등급 기준에 만족하는 성능으로 향상될 수 있었다. 이와 같은 결과에 건물 시스템 효율향상 및 신재생에너지 설치 등을 고려한다면 에너지성능은 이보다 더 향상될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구의 범위가 외피 리모델링만을 고려한 건물의 에너지사용량을 감소시키는 단열보강 등의 목적지향적인 방법일 수 있겠다. 하지만 기존건물에 대한 에너지 절약의 기준과 지침이 부재한 현실과 건축물의 가치 상승과 수명 유지에 효과적인 리모델링 사업에 대한 수요가 증대되고 있는 시점에서, 특히 대부분의 비주거용 건물의 경우 임대형 업무시설이라는 점을 고려하였을 경우 건축적 기술만을 적용한 에너지향상안의 모색은 가장 보편적인 방법으로, 유사 프로젝트의 참고자료로서 활용될 수 있을 것이다. 또한 본 연구의 결과를 바탕으로 한 경제성 분석이 제시된다면 보다 효과적인 방안 모색이 가능할 것으로 판단되며, 이는 향후 연구과제로 제시한다.

참고문헌

- 강현욱 (1997). “건물의 일사환경개선을 위한 적정차양계획에 관한 연구” 건국대학교 대학원 석사학위논문
- 건설교통부 (2001). “건축물의 설비기준 등에 관한 규칙(건설교통부령 제270호)”
- 국토해양부 (2010). “건축물의 설비기준등에 관한 규칙(국토해양부령 제306호)” <<http://www.law.go.kr>> (2012. 03.28.)
- 국토해양부 건축기획과 (2012). “2011년 건축물현황 통계” <<http://www.mltm.go.kr>> (2012.04.12.)
- 김근호 (2012). “2012년 서울특별시 건물에너지효율화사업 (BRP) 응자지원 개선계획” <<http://www.seoul.go.kr>> (2012.04.30.)
- 김동호 (2010). “서울시, 대형건물 23곳 건물에너지합리화사업 특별용자” <<http://www.seoul.go.kr>> (2012. 04.30.)
- 김수정 (2008). “서울시, 민간 온실가스 감축 사업 지원 본격화” <<http://www.seoul.go.kr>> (2012.04.30.)
- 김주환 · 이태구 · 조경민 · 김주수 (2010). “리노베이션을 통한 기존건물의 에너지 저감 효과 분석”, 한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집, 통권 19호
- 박주현 · 김강수 (2009). “소규모 사무공간 외피 준의 에너지 절감을 위한 투과체 및 차양계획에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 계획계 제25권 제8호
- 박재현 · 홍태훈 (2010). “국내건축물 에너지 절감 관련 정책 개선방향”, 한국건설관리학회 논문집 제11권 제4호
- 변소형 (2004). “비주거용 건물의 리모델링 계획 시 에너지 성능향상을 위한 LT method의 적용 방법에 관한 연구” 성균관대학교 대학원 석사학위논문
- 백상훈 (2007). “건물 에너지 성능 평가를 위한 건물 종량 에너지 기준 제시에 관한 연구” 광운대학교 대학원 석사학위논문
- 성민기 (1998). “사무소 건물 에너지 소비 인자의 영향력 평가 방법에 관한 연구” 서울대학교 대학원 석사학위논문
- 오기환 (2007). “태양일사를 고려한 에너지 효율적인 차양 디자인 프로그램 개발과 검증에 관한 연구”, 대한건축학회연합논문집, 9권 4호
- 윤영선 (2000). 리모델링 시장 개념과 전망, 빌딩문화
- 이승훈 · 김진원 · 조규수 · 김재준 (2010). “건설 산업의 그린 리모델링 활성화 방안 연구”, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집 제10권
- 정관석 (2011). “친환경 건축물 통합설계 코디네이션을 위한 건물 에너지 시뮬레이션 기법”, 한국건설관리학회지 제12권 제5호
- 지식경제부 (2012). 2011년도 에너지총조사 보고서 <<http://www.keei.re.kr>> (2012.04.15.)

논문제출일: 2012.05.02
 논문심사일: 2012.05.04
 심사완료일: 2012.09.12

요 약

최근 민간건축 경기 침체가 거듭되면서 '신축' 시장 대비 비용 절감 효과는 물론, 자원절약 및 환경보호 효과를 거둘 수 있다는 긍정적인 반응과 함께 에너지성능향상형 리모델링 시장의 규모가 확대되고 있다. 서울시의 경우 2008년 시범사업을 시작으로 기존 건물에 대해 '건물에너지이용합리화사업(BRP)'를 추진, 시설개선사업을 통해 에너지 절감 및 이용 효율을 향상시킬 수 있도록 융자지원을 하고 있다. 2012년 보도자료에 따르면 254개소의 민간건축물이 참여, 친환경녹색건축물로 조성됨에 따라 온실가스 4만 1천톤/년을 감축, 석유환산 시 1만4천 TOE의 절감에 해당되어 매년 75억원의 에너지비용 절감효과를 보이고 있다고 한다.

본 연구는 기존 건물의 에너지 효율화 대책으로 리모델링 시 우선적으로 고려해야 할 에너지성능향상 방안 중 건축적 요소인 외피를 연구범위로 설정, 그 방안을 모색하였다. 그리고 해석모델에 적용, 분석함으로써 기존 건물의 에너지 절감효과, 즉 건물의 에너지성능향상 효과를 제시하였다. 연구의 범위가 외피 리모델링만을 고려한 건물의 에너지사용량을 감소시키는 단열보강 등의 목적지향적인 방법일 수 있겠으나, 대부분의 비주거용 업무시설의 경우 임대형이라는 점을 고려하였을 때 건축적 기술만을 적용한 방법의 모색은 실제 리모델링 시 가장 보편적인 기초자료가 될 수 있으므로 연구의 의미가 있다고 할 수 있다.

키워드 : 비주거용 건물, 외피 리모델링, 에너지성능향상 요소
