

오피스건물 리뉴얼시 패시브 요소적용에 따른 에너지성능 및 PMV 개선에 관한 연구

(Analysis of Energy Performance and PMV Improvement by Application of Passive Factor for Office Building Renewal)

홍원표*

(Won-Pyo Hong)

Abstract

This paper presents a case study to investigate the monthly calculation method of ISO 13790 applied for a office building. The energy performance analysis according to improvement of insulation and air permeability of windows in K office buildings is investigated by means of building energy efficiency rating tool (ECO₂-OD). The K building energy system is tested experimently by the measurement of PMV(predicted mean vote) for the control of indoor thermal environment and heat transmission coefficient of windows and interior walls respectively, before and after the example K office building is remodeled passively. Therefore, Internet based energy assessment program of energy efficiency rating of office building can be applied as a program for the annual energy requirement and for evaluation of energy savings from the experimental and simulation results

Key Words : Building Energy Performance, Supporting Act on Green Architecture Promotion, PMV(Predicted Mean Vote, Heat Transmission Coefficient)

1. 서 론

최근 전 세계적으로 화석연료 고갈과 빈번한 이상기 후 발생에 따라 온실가스로 인한 기후변화 대응 및 에

너지 절약과 효율성 제고는 전 세계적인 화두이며 이는 저탄소사회·문명의 구현이라는 새로운 철학과 패 러다임을 요구하게 되었다. 온실가스에 의한 기후변 화는 완전히 막을 수 없다. 그러나 기후변화의 결과가 원인으로 작용(Feedback) 하면서 더 큰 기후변화로 이어지고 그 결과 갑작스럽게 기후가 바뀌는 기후 재 앙은 막을 수 있다[1]. 이를 망설이게 되면 산업혁명이 후 탄소로 이루어진 현대의 문명은 모든 인간과 자연 이 망연자실한 위기에 처하는 상황으로 전개될 개연 성이 크다. 인류는 바야흐로 생명을 살리는 심각한 생 태학적인 고민과 저탄소사회의 돌파구를 마련해야

* 주저자 : 한밭대학교 설비공학과 교수
* Main author : Dept. of Building & Plant Engineering, Hanbat National University, Korea
Tel : 042-821-1179, Fax : 042-821-1175
E-mail : wphong@hanbat.ac.kr
접수일자 : 2014년 8월 6일
1차심사 : 2014년 8월 21일
심사완료 : 2014년 10월 15일

하는 시점에 있다[2]. 이에 따라 국제사회에서 온실가스 감축이 최우선 의제로 부상하면서 각국에서는 온실가스 증장기 저감 목표 제정 및 에너지효율 등급강화, 신재생 에너지 사용 등을 우선으로 추진하고 있다[3-4].

정부도 저탄소 녹색성장 기본법을 기반으로 녹색건축물 조성지원법을 2013년 3월 23일 시행함에 따라 녹색건축물 활성화를 통한 녹색 선진국가 구현이라는 비전을 마련하고, 건축물 온실가스배출량 감축과 녹색건축물의 확대 등 구체적인 실천의지를 반영하였다. 특히 이 조성법은 녹색건축인증, 건축물의 효율 등급인증, 건축물 에너지소비등급 및 인증기관의 취소 등의 법률적 근거를 제공하고 있다[5-6]. 이러한 배경에서 건물 에너지 효율성 증대와 친환경 건축물의 건설을 위해 건물의 에너지를 평가하는 다양한 제도들이 선진국을 중심으로 한국보다 엄격하게 시행되어 왔다. 유럽의 경우 2002년 건물에너지절약지침(EPBD : Energy Performance of Building Directives)을 제정하고 국가별로 평가도구를 개발하여 건물 에너지 사용량을 평가하고 있으며, 모든 건축물에 에너지 성능인증제도의 적용을 골자로 하는 지침이 2006년 1월 4일로 법적효력이 발효되었으며 2019년부터 EU (European Union) 내에서 지어지는 모든 신축 건물(신규 주택)에 대해 소비되는 에너지보다 더 많은 에너지가 생산되도록 규정한 것이다[7]. 특히 영국은 2008년 12월 이미 '제로탄소 주택정책'을 발표했다. 2016년부터 영국에서 짓는 모든 주택에서 이산화탄소 배출을 완전히 '제로'화할 것이라고 발표했다[8]. 미국의 경우 ASHRAE Standard 90.1 "Performance Rating Method"를 건물 에너지 평가에 이용하는 한편 건물 에너지 평가 및 인증과 관련된 각종 정책 및 제도를 지속적으로 개발·시행하고 있다[9-10]. '20년부터 주거용, '25년부터 비주거용 제로에너지 건축물 의무화를 목표로 제시하였으며 친환경인증 건물에 특별로 보조금 지급, 재산세·지방세감면 등을 지원하고, 일부 주에서는 인증 의무화 실시하고 있다. 이러한 정부의 움직임에 발맞추어 1993년 설립된 민간기관인 미국 그린빌딩위원회(United States Green Building Council, USGBC)는 친환경 인증 제도인 리더

(Leadership in Energy and Environmental Design, LEED)를 마련, 세계적으로 높은 평가를 받고 있다. 이를 통해 친환경 건물의 신축을 유도하고 높은 등급을 받은 건축물을 통해 새롭고 혁신적인 기술을 소개하는 효과를 얻고 있다. 일본은 "저탄소 사회구현을 위한 국가행동계획"('08)을 수립하여 '50년까지 60~80% 온실가스 감축 목표를 제시하였으며 NEDO(New Energy Development Organization)에서는 고효율 건물에너지시스템 도입(15~25%이상 에너지절감)시 도입비용의 1/3까지 보조금 지급하고 있다[11].

우리나라는 세계 10대 에너지 소비국으로 총에너지 소비량이 지속적으로 증가하고 있으며 또한, 이산화탄소 배출량은 OECD 국가 중 '90년 이후 CO₂배출 증가율 1위, 2011년 총 배출량 세계 7위(2011년 배출 증가율 속도 3위)로 향후 2013년 이후부터는 온실가스 감축 의무 이행국에 포함될 것으로 예상된다[12]. 현재 우리나라는 2020년 온실가스 배출전망치(BAU : Business As Usual) 대비 약 30% 감축을 목표로 하고 있으며, 이는 2005년도 배출량대비 약 4% 감축에 해당한다. 건축물은 국가의 주요 온실가스 배출원으로서 타 산업 부문에 비해 감축 여력이 크기 때문에, 국가온실가스 감축이행계획수립 과정에서 우선적인 정책목표가 되고 있다. 특히 주거 및 비주거용 건축물 사용 과정에서의 에너지 소비에 의한 온실가스 배출은 연간 약 1억2천만tCO₂에 달하며, 이는 국가 총배출의 약 19.8%에 해당된다[13].

이러한 에너지 소비량과 이산화탄소배출량을 감소시키기 위하여 건축물에너지조성지원법이 건축물의 에너지절약설계 및 에너지소비총량제 시행[14-15]에 기본적인 모범이 되었으며 이는 건축물에서의 전기설비 및 에너지도 통합적 관점에서 설계되어 한다. 이제 녹색건축물 조성지원법 시행이 시행됨에 따라 녹색건축물 보급 확대를 위해 신축기준 강화와 같은 정부주도 정책과 사회적인 에너지 절약 의식 확산을 위해 건축물에너지 소비총량제, 에너지소비 증명제, 에너지 목표관리제 및 CO₂배출량 관리 등을 실시하고 있어 건설시장이 새로운 국면에 접어들었다.

따라서 본 논문에서는 대전에 소재하고 있는 20년이

경과된 K공사의 본부 건물을 “녹색건축물 조성계획”의 일환으로 건물에너지 절감의 극대화와 냉난방 효과를 증대하기 위하여 우선 단열보강과 기밀성이 높은 창호로 교체하는 리모델링을 시범적으로 실시하였다.

이에 대수식 기반의 준정상 상태해석을 바탕으로 건물 에너지 사용량을 계산하는 ECO₂ 프로그램을 이용하여 K공사 본부건물리모델링을 위한 에너지 절감 효과분석 및 실측을 통한 열관류율과 PMV (Predicted Mean Vote) 개선 효과를 파악하기 위하여 실측실험과 모의를 통한 에너지성능분석을 수행한 연구결과이다.

2. 건물에너지성능분석개요

건축물에너지 관점에서 건축물 효율등급 인증제도와 에너지 절약설계기준 지침은 신축공동주택 및 신축업무용 건축물을 대상으로 에너지 저소비 건축물 보급 및 확산을 목적으로 법률적 제도로 규정하여 추진하고 있다. 이 중에서도 건축물 에너지 소비총량제 시행과 10등급의 에너지효율 등급 인증제도는 에너지사용량의 정량적으로 평가하고 예측하기 위하여 시뮬레이션 툴을 활용한 건물에너지 성능 분석은 건설프로세스에서 필수적인 요건으로 자리매김하였다. 시뮬레이션 툴은 범규만족 요구조건 검토뿐만 아니라, 부하계산, 의사결정, 열쾌적 진단 등 다양한 목적으로 활용된다. 특히 시뮬레이션 툴은 설계프로세스에서 설계 대안을 검토하여 개선안을 도출하고 문제의 해결책을 강구하는 데 있어서 탁월한 능력을 지닌다. 건물의 에너지 성능을 표현하는 방법은 크게 목표(건물의 에너지 성능)를 이루기 위한 수단과 방법을 규정하는 지시적 접근(prescriptive approach)과 달성해야할 목표를 기술하는 성능중심의 접근(performance-based approach)으로 구분된다[16]. 지시적 접근은 규정으로 이루어져 쉽고 빠르게 결과를 확인할 수 있는 반면에 성능중심적 접근은 답을 스스로 찾아 내며 오랜 시간이 소요되나 창의적인 설계를 유도하는 데 효과적이라는 특징을 가지고 있다[17]. 현재 국내에서는 지시적 접근방법인 에너지성능지표

(EPI)점수와 ISO 13790 기반의 ECO₂프로그램을 통해 건물에너지 사용량을 계산하는 성능 중심적 방법 2가지를 이용하여 건축물의 에너지 성능을 평가하고 있다.

건축물의 에너지 절약설계기준(2010년 12월 31일, 국토해양부고시 제2010-1031호)은 건축 기계설비, 전기설비 신재생에너지의 4분야의 에너지절약설계로 구성되었으며 이를 근거로 각각의 분야에 설계서와 에너지절약계획서를 제출해야하며 EPI 점수를 통한 건축물 효율등급 인증은 단독·공동주택, 업무시설, 냉·난방 면적이 500m² 이상인 그밖의 건축물에 일괄적으로 적용된다[14]. 이 기준의 신재생에너지 설비부분은 신에너지 및 재생에너지 개발, 이용 보급촉진법에 따른 산업통상자원부 고시 신 재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지원을 따라 설계해야한다[18].

건축물 에너지 관련 허가기준인 「건축물의 에너지 절약 설계기준(국토해양부 고시)」의 건물에너지 소비총량제 규정(제20조)은 연면적 1만m² 이상 업무시설 등 대형 건축물에 대해 우선 적용하고, 단계적으로 대상 건축물을 확대할 예정이다. 국제규격(ISO 13790) 등 국제규격에 따라 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 등에 대해 종합적으로 평가하도록 제작된 프로그램에 따라 산출된 연간 단위면적당 1차 에너지소요량 평가하게 된다. 이를 위하여 정부는 정량적인 데이터를 제공하기 위해 건축물 에너지소비총량 프로그램인 ECO₂-OD를 개발하여 공개 사용하고 있다. 이를 통해 건축물 대장에 에너지 소비량을 기록 함으로써 일반건축물 대비 에너지 성능의 차별화는 물론, 건축물의 재산가치를 증대시키며, 건축주에게 자발적인 에너지 절약을 유도하고 난방비 등 건축물 유지비용의 절약을 목표로 하고 있다.

3. 에너지총량계산 프로그램 [ECO₂-OD(Office Design)]

2009년 12월 국토해양부와 지식경제부 공동으로 건축물 에너지 효율등급 인증규정 이 고시되었으며 현재 신축 공동주택과 신축 업무용건축물을 대상으로 시행되고 있다. 이는 녹색건축물 조성법의 발효로 건

물에너지 절약설계기준으로 통합하여 규정되었으며, 에너지 수요를 관리하고, 제도적으로 정량적인 데이터를 제공하기 위해 국토해양부와 에너지관리공단에서는 건축물 에너지소비총량 프로그램인 ECO₂-OD를 개발하여 웹 사이트에 공개하였다. 이 프로그램은 건축물에너지 절약설계기준의 의무사항과 EPI (Energy Performance Index)항목을 정량화 하고, ISO 13790규격에 따른 총량적 에너지 소요량과 1차 에너지 소요량을 산출할 수 있도록 개발된 프로그램이다. 건물 외피에 대한 열관류율 정보와 난방, 냉방, 공조기기 사양을 입력하고 전기 및 신재생에너지를 입력하면 산출결과가 나타나며, EPI 작성항목 정도만 간단히 입력하면 결과가 나오는 것이 특징이 있다. ECO₂는 ISO 13790과 DIN V 18599를 기준으로 업무용 건축물에 대한 에너지 평가기법을 마련하였으며 Monthly method를 기본평가 로직으로 적용하고, 월별 평균 기상데이터를 바탕으로 건물의 에너지 요구량을 산출하는 방법을 적용하고 있다. 이 프로그램은 건물 형상, HVAC 시스템, 신재생에너지시스템 등의 입력이 가능하며, 월별 평균 기상데이터를 이용하여 건물의 에너지 요구량을 산정한다. 최종적으로 계산된 에너지 요구량을 만족시키기 위한 시스템의 성능을 반영한 건물의 에너지 소요량을 계산할 수 있으며, 단위면적당 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 에너지로 구분하여 결과를 제시한다. 또한 산출된 에너지소비량을 주거용 및 주거용 이외의 건축물로 나누어 10개 등급으로 건축물에너지효율 등급을 부여 받게 된다. 그림 1은 ECO₂ 건축부분 실행 입력화면을 나타낸 것이다[19].



그림 1. ECO₂-OD 프로그램 실행화면 예
Fig. 1. Example of ECO₂-OD program view

4. 사무소건물의 리모델링 적용을 위한 Case 연구

4.1. 연구대상 오피스빌딩 개요

연구대상의 오피스빌딩은 대전소재의 K공사 본사 건물로 1994년 준공되어 20년이 경과한 건물이다. 건물개요는 표 1과 같으며 리모델링 대상 부분(노란 색)을 나타낸 외관은 그림 2와 같다. 본 건물은 노후 건물로서 외벽 및 창호의 단열 성능이 떨어져 외기부하가 큰 상태이며, 정부의 강력한 에너지 절감 정책으로 인해 공조기 가동제한(하절기 28℃이상, 동절기 18℃이하) 및 피크타임시 냉·난방 중지 등으로 인하여 하절기 냉방시에는 평균 사무실 온도가 28~32℃를 유지하였고 동절기 난방시에는 평균 사무실 온도가 15~18℃를 유지하여 사무공간이 덥고 추워 직원들의 건강 악화와 업무효율성이 저하된 상태였다. 또한 근무환경 조건을 종합적으로 판단하기 위하여 2012년 5월 17일~21일까지 PMV(온열환경 : predicted mean vote)현장실험을 실시한 결과 오후시간대를 기준으로 1.2~1.3을 유지함으로 통상적 쾌적영역 ±0.5를 상회함으로 근무하기에 쾌적하지 못한 것으로 판단하였고 개선전 열관류율 측정 결과 외창은 4.547(W/m²·K) 외벽은 0.452(W/m²·K)로 조사되어 지역별 부위별 열관류율 기준인 외창 2.4(W/m²·K)이하, 외벽 0.34(W/m²·K)이하를 초과하여 단열과 창호 개선이 필요한 긴급한 실정이었다.

표 1. 건물개요
Table 1. Overview of office building

구분	내용
위치	대전시 대덕구 신탄진로200K공사 본관
대지 면적	97,140.28m ²
용도	업무시설
건축 규모	지하 1층, 지상 7층
건축 면적	17,512.66m ²
연면적	30,147.63m ²
건폐율	4.76%
용적률	20.98%

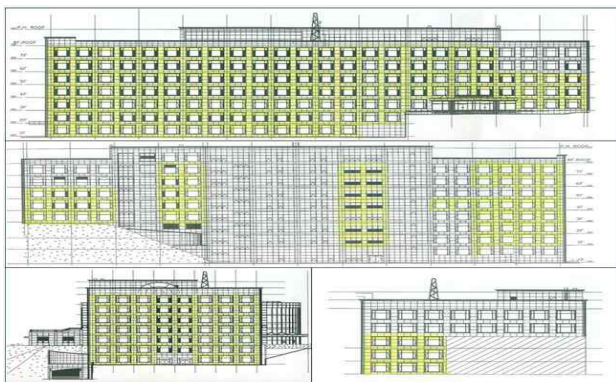


그림 2. 리모델링 건물의 외관
Fig. 2. The exterior appearance of a building for remodeling

표 2. 리모델링 조건
Table 2. Remodeling Conditions

구분	내용
창호 교체범위	기밀도 저하 및 노후화 정도가 매우 심각한 창호부 총 249개 교체 (강당, 공조실 및 기기 비사무 공간 제외)
창호 SHGC	PMV 실험결과에 따르면 남향 및 서향의 경우 일사에 의한 영향이 과도하게 높게 발생함으로 냉난방기 동일한 기존 SHGC 0.6을 일사 조절형 창호(예: 컴팩트 이중외피)으로 여름철 SHGC 0.15 미만 및 겨울철 0.50 이상으로 여름철 일사차단효과와 겨울철 일사유입효과를 동시에 만족할 수 있는 시스템 적용
창호 단열성능	창호의 단열성능은 현재 3.4W/m ² K에서 1.4W/m ² K 수준으로 전 향에 대해 적용
환기 횟수	현재 겨울철 환기횟수 5회 이상 예상(향후 blow테스트 검토 예정) 되며, 이를 건물에너지효율 등급 수준 만족
벽면 단열성능	기존 커튼월의 spandrel 부분에 대한 단열성능 (0.355W/m ² K) 개선을 위해 우레탄 뿔칠을 통해 0.2W/m ² K 달성

4.2 열관류율 및 PMV 측정과 분석

4.2.1 PMV 측정

(1) 분석 개요

지난 2012년 5월 17일에서 21일까지 K공사 본관(대

전)에 위치한 6층, 7층(최상층) 창측 외주부(장비 vs 창호간격 3.0m유지)에 대한 실내 온열환경을 PMV 기준 평가 실시하였다, 창호 미개방, 차양 가동, Atrium 측 입구 미개방, 장비 2m 이내 접근 미허용, Clothing(clo)=1, Activity(met) [1met=58.15W/m²]=1을 적용하였다.

(2) 분석 장비

측정 요소는 크게 외부 기상데이터와 실내 온열환경 요소에 대해 측정하였으며 외부 기상 데이터는 기상청 자료를 활용하였으며 실내 온열환경에 대한 측정 항목은 흑구온도, 습도, 실내온도, 기류 및 표면온도 등이며 사용장비는 표 3과 같으며 외관은 그림 3과 같다.

표 3. 측정항목 및 사용기기
Table 3. Measuring items of PMV metering

측정 항목		사용 장비
외부	온도(°C)	기상청 데이터 활용
	풍속(m/s)	
	일사량(w/m ²)	
실내	흑구 온도 (=평균복사온도)	온,습도데이터로거(SK-Sato) + Glove(Black)
	기류(m/s)	데이터 로거(Testo 454)
	습도(%)	
	실내온도(°C)	적외선 온도계(Testo 854)
	표면 온도 (천정, 바닥, 유리, 프레임)	
Data logging	Data PC	

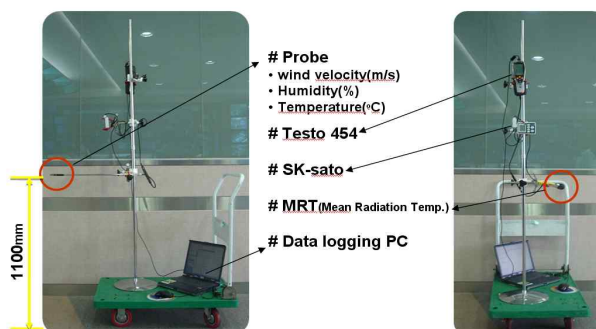


그림 3. PMV 측정기기 외관
Fig. 3. PMV metering equipment

(3) 분석 결과

1) 리모델링 전

그림 4는 5월 18일~21일 실험기간 중 6층과 7층(최상층) 유사한 실내 온도, 습도 분포를 보인다. 근무일 5월 18일 기준 실내 최대온도는 30℃ 이상 상승하였다. 이는 여름은 항상 30℃를 초과할 것으로 판단된다. 통상 최상층이 가장 높은 온도구배가 나타나지만, 본 건의 경우 최상층 7층보다 6층이 불리하게 나타난 것은 7층에 반사효과가 있는 베네티치안 블라인드 그리고 6층에 투과율이 높은 흰색 폴스크린 적용으로 인해 사무실 실내온도에 가장 큰 영향을 미치는 Shadings

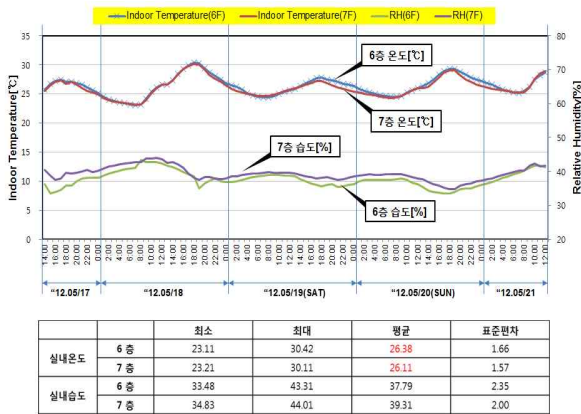


그림 4. 온습도 변화 추이

Fig. 4. Temperature and relative humidity change trends

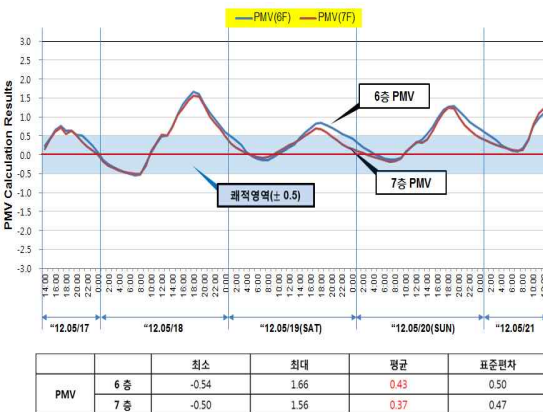


그림 5. PMV값 변화 추이

Fig. 5. PMV change trends

Coefficient값이 6층이 불리하게 적용되었을 것으로 판단된다. PMV값은 5에서 보는 바와 같이 오후시간대를 기준으로 1.2~1.3을 유지함으로 통상적 쾌적영역인 ±0.5를 상회함으로 근무하기에 쾌적하지 못한 것으로 판단되며 이를 개선하기 위한 개선방안의 수립이 절대적으로 필요할 것으로 판단된다.

2) 리모델링 후

그림 6은 개선 후(2013.2.21, 공조일) PMV 측정결과를 나타낸 것이다. Point 1은 내측, Point 2창측을 나타낸 것이다. 공조를 실시한 2월21일 경우그림 6에서 보는 바와 같이 전반적으로 리모델링 이후 PMV 결과는 근무시간을 9시~20시로 총 11시간 중 10시간이 난방기 쾌적범위내인 -0.5이내에 있고 쾌적범위를 벗어난 경우에도 -0.6 수준임으로 매우 양호하다고 판단할 수 있다.

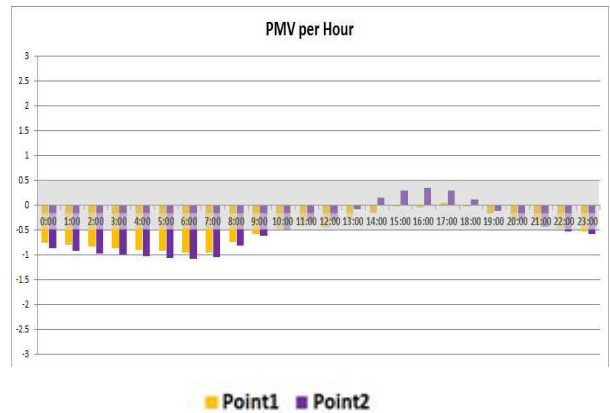


그림 6. 개선 후 PMV 측정 값

Fig. 6. Measured PMV values after remodeling

4.2.2 열관류율 측정 및 결과

본관동의 외창 및 외벽 단열개선에 따른 열관류율 실증을 위하여, 열류계를 설치하여 외창 및 외벽으로 손실되는 열류량을 측정하였다. 측정기기의 측정 표준은 ISO 9869와 ASTM C1155 및 C1046로 측정하였다. 그림 7은 개선후 열관류율 측정 장면(2013.1.29~2.1)을 나타낸 것이다. 개선 전에는 2012년 12월 11일~14일까지를 측정한 같은 장소에서 측정하였으며 본 논문에서는 표시하지 않았다.



그림 7. 창문의 열관류율 측정
Fig. 7. Thermal transmittance of Windows

표 4는 열관류율 리모델링 개선전과 개선후의 실측 결과를 비교한 것이다. 단열개선에 따른 열관류율 개선효과는 외창 2.512W/m²K, 외벽 0.252W/m²K로 측정되었으며, 개선율은 외창 55.2%, 외벽 55.8%로 측정되었다.

표 4. 열관류율의 개선전과 개선후의 비교
Table 4. Comparison of thermal transmittance before remodeling & after remodeling

구 분	개선전		개선후	
	열저항 m ² K/W	열관류율 W/m ² K	열저항 m ² K/W	열관류율 W/m ² K
외 창	0.220	4.547	0.491	2.035
외 벽	2.214	0.452	5.003	0.200

4.3 모의 조건

주요 기밀도 저하 및 노후화 정도가 매우 심각한 창호부 총 249개 교체 (강당, 공조실 및 비사무 공간 제외) 및 벽면 단열성능(0.355W/m²K) 개선을 위해 우레탄 뽐칠을 통해 0.2W/m²K 달성 강화하였다.

(1) 건축 열관류율

구 분	리모델링 전	리모델링 후
외 벽	0.49W/m ² · K	0.2W/m ² · K
지 붕	0.39W/m ² · K	0.39W/m ² · K
바 닷	1.61W/m ² · K	1.61W/m ² · K
창 호	4.55W/m ² · K	2.0W/m ² · K
S H G C	0.7	0.6

- 1) 외벽, 최상층 지붕, 최하층 바닥의 구성은 현재 설계된 도면참조
- 2) 창호의 열관류율은 건축물의 에너지절약 설계기준을 참조함
- 3) 일반적인 T24 칼라 복층 유리의 SHGC 값(0.6)을 가정하였음

(2) 사무실용도 및 활용 시간

구분	사용시간 (hr)	운전시간 (hr)	일일급탕요구량 (Wh/m ² d)	최소도입외기량 (m ³ /h)	사람발열 (Wh/m ² d)	기기발열 (Wh/m ² d)	일간사용일수 (day)
소규모사무실	9	11	30	4	30	42	21-23
대규모사무실	9	11	30	6	55.8	126	21-23
회의 및 세미나실	11	11	30	15	96	8	21-23
강당	11	11	30	2	36	24	21-23
구내식당	7	7	1250	18	177	10	21-23
화장실	11	11	0	15	0	0	21-23
그외 체류공간	11	11	30	7	96	8	21-23
부속공간(로비/복도)	11	11	0	0.15	0	0	21-23
창고/설비/문서실	11	11	0	0.15	0	0	21-23
전산실	24	24	30	1.3	15	1800	30-31
주방 및 조리실	7	7	0	90	56	1800	21-23

(3) 전기

구 분	내 용	
	창고/설비/문서실, 계단실	창고/설비/문서실, 계단실 외 공간
조명밀도	8W/m ²	11W/m ²

(4) 기계

구 분	내 용
공조처리	공기조화기, 급배기팬
냉난방기기	냉온수기, 향온함습기, 패키지 에어컨, 보일러
냉난방분배	냉온수, 냉각수 펌프

4) 장비일람표상의 설비기계를 반영함.

(5) 사용프로필 및 냉난방 설정온도

용도별 K공사 본사 사옥 사용프로필을 11가지 프로필을 가지고 설정하며 각 실마다 사용시간, 발열량 및 급탕 요구량 등이 결정되어져 있다. ECO₂-OD 시뮬레

이전에서 냉난방 설정온도의 경우 건물의 표준 운영 상태에서의 에너지사용량을 시뮬레이션하는 프로그램으로 유저가 직접입력이 불가능하며, 시뮬레이션상에서의 사용프로필과 기존건축물의 실제 운영스케줄은 차이가 발생함으로 시뮬레이션 결과값과 실제값이 다를 수 있다.

특히 본 논문의 K공사 본사 사옥은 공공건물로 인해 ECO₂-OD 상의 설정온도인 난방 20℃, 냉방 26℃로 운영되지 않고, 난방 18℃, 냉방 28℃로 운영되고 있으며 이를 ECO₂에서는 반영하여 시뮬레이션하기가 어렵다.

4.4 시뮬레이션 결과 및 분석

(1) 에너지성능해석 시뮬레이션 결과

1) 개선 전 시뮬레이션 결과

4.3 모의 조건의 시뮬레이션 조건을 사용하여 모의하였다. K공사 본사 사옥의 ECO₂-OD 프로그램 시뮬레이션 결과는 그림 8과 같이 1차 에너지 소요량이 355.1kWh/m²로 계산되어 건물에너지 효율등급상 3등급에 해당되는 건물임을 알 수 있었다. 또한 연간 에너지 소요량은 233.5kWh/m²로 분석되었다.

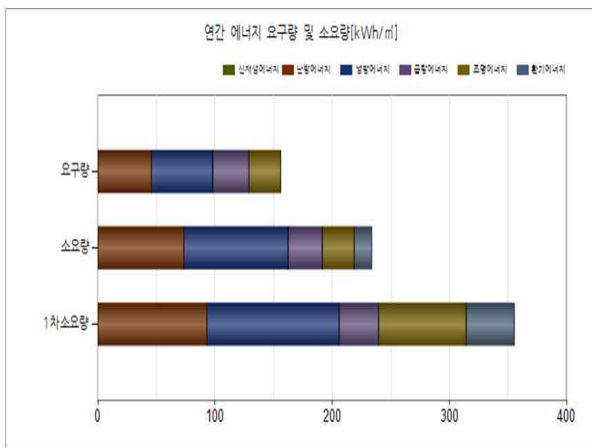


그림 8. 본사사옥 개선전 시뮬레이션 결과 그래프
Fig. 8. Simulation results before remodeling

2) 단열 및 창호 개선 후 시뮬레이션 결과

단열 및 창호 개선후 에너지 소요량 및 효율 등급의 검토결과는 그림 9와 같이 1차 에너지 소요량이 336.5kWh/m²로 계산되어 건물에너지 효율등급은 개선전과 같은 3등급에 해당되는 건물임을 알 수 있었다. 그러나 연간 에너지 소요량은 219.0kWh/m²로 분석되어 개선 전 소요량인 233.5kWh/m²와 비교했을 때 14.5kWh/m²가 절감되어 개선전보다 6.2%의 에너지 절감 효과가 있음을 알 수 있었으며 단열과 창호를 개별적으로 개선하는 것보다 더 큰 효과를 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

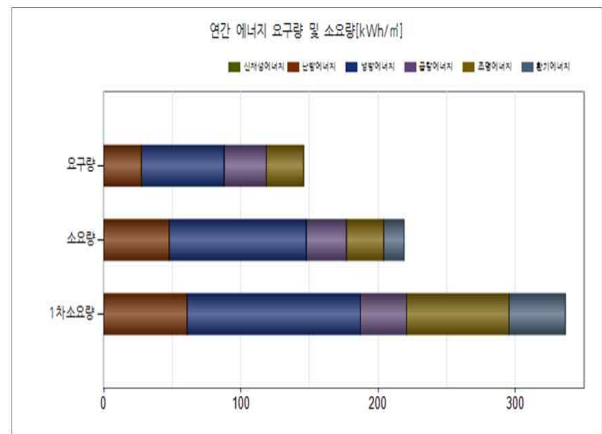


그림 9. 단열 및 창호 개선후 시뮬레이션 결과 그래프
Fig. 9. Simulation results after remodeling

(2) 에너지성능분석 종합결과

ECO₂-OD 프로그램으로 시뮬레이션한 결과 모든 대안에 대해 건물에너지 효율등급상으로는 3등급에 해당되는 것을 알게 되었으며 그림 10에서 보는 것과 같이 에너지 소요량을 줄이기 위해서는 외벽 단열보다는 창호를 개선하는 것이 효과적임을 알 수 있었고 노후 건축물은 단열과 창호를 모두 개선해야 가장 좋은 효과를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

ECO₂-OD 프로그램은 실제 건물을 운영함에 있어서 냉난방 설비의 운영 스케줄, 재실자의 변화, 차양 장치의 가동 유무를 완벽히 시뮬레이션상에서 구현하

는 것은 불가능 하다. 그래서 현재의 에너지 사용량이 ECO₂-OD 시뮬레이션 결과값과 완벽히 일치하는 것은 불가능하나 단열 및 창호개선공사 전·후의 에너지비용 절감 가능성을 판단하기 위한 자료로는 충분히 활용될 수 있다고 판단된다.

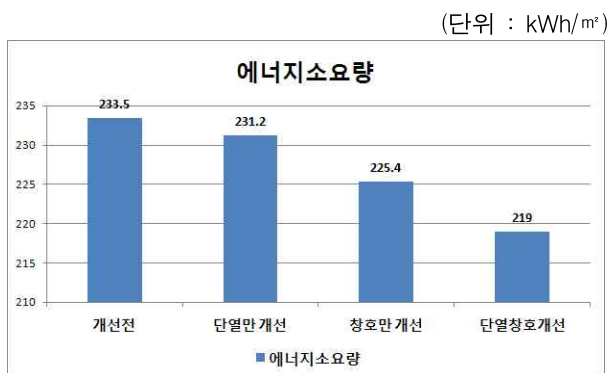


그림 10. 에너지소요량 시뮬레이션 결과
Fig. 10. Simulation results of energy requirement

또한 K공사는 건물에너지 효율등급상의 냉난방 기준인 난방 20℃, 냉방 26℃로 실내온열 환경을 운영하지 않고, 난방 18℃, 냉방 28℃ 기준으로 운영하고 있음으로 건물에너지효율등급상의 냉난방 기준으로 운영될 경우 실제적인 에너지절감 효과는 현재 보다 클 것이다.

5. 결 론

대전에 소재하고 있는 K공사의 본관을 대상으로 단열 및 창호 개선한 패시브적 요소를 적용하여 개선 전과 후의 오피스 건물의 에너지성능 효과를 분석하였다. 이때 열관류율과 PMV를 실측하여 개선 전후의 결과를 비교 검토하였다. 도출된 중요한 연구결과를 요약하면 아래와 같다.

- (1) 단열과 창호를 개선한 후 PMV를 측정한 결과 근무시간인 9시부터 18시까지 대부분의 시간이 쾌적 범위인 ±0.5 이내에 들어와 있으며 2012년 2월과 2013년 2월의 실내온도를 비교해본 결과 실내온도가 2~3℃ 상승한 것을 알 수 있어 겨울철 근무여건이 쾌적해졌다고 할 수 있다.

- (2) 단열 및 창호 개선에 따른 열관류율은 외창 2.035W/m²K, 외벽 0.200W/m²K으로 측정되어 외창은 55.2%, 외벽은 55.8%가 상승됨을 알 수 있었다.
- (3) 연간 에너지 소요량은 219.0kWh/m²로 분석되어 개선 전 소요량인 233.5kWh/m²와 비교했을 때 14.5kWh/m²가 절감되어 개선전보다 6.2%의 에너지 절감 효과가 있었다. 이는 시뮬레이션 조건이 고정되어 있어 절감효과가 적은 것으로 보이거나 실제 운전 조건에서는 절감 효과가 10%이상 상승할 것으로 추정된다.
- (4) 노후된 오피스 빌딩의 단열 및 창호의 개선은 단순히 에너지 절약 효과에 의한 경제성 뿐만 아니라 PMV (온열환경)도 실험적으로 개선됨을 확인하였다.

추후 연구에서는 전형적인 에너지해석의 동적프로그램인 TRNSY 툴 등을 사용하여 분석한 결과와 본 연구에서의 에너지절약효과 분석결과와 비교 검토하여 ECO₂-OD 프로그램의 에너지 총량해석상의 문제점을 보완할 예정이다.

Acknowledgements

The authors would like to gratefully acknowledge the financial support of KESRI (Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning) under project 2013T100200078.

References

- [1] Jonathan Neale, "Stop global warming : Change the world", 2011. 7.
- [2] Hermann Scheer, "Der Energetische Imperative", 2012.11.
- [3] G, P. Hong, "Introduction to Total Energy Consumption of Architecture", SSang-young Constriction Technology Magazine, pp. 39-44, 2011, Autumn.
- [4] KEMCO, "Design criteria for Building Energy Saving 2013". Notification No. 2013-587 of the Ministry of Land and Transportation. Enforcement date 1st, OCT. 2013.
- [5] Framework Act on Low Carbon, Green Growth, Act No 11676(Enforcement date 23, March, 2013.)
- [6] Supporting Act on Green Architecture Promotion, Act No 11690(Enforcement date 23, March, 2013).
- [7] Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of

- the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings”, 2002. 12. 16.
- [8] Building Performance Rating Method General Information, User’s Manual for ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2004.
 - [9] M. Grubb, “Delivering a Low-Carbon Electricity System”, University of Cambridge Press, 2008.
 - [10] http://www.rdhbe.com/database/files/library/ASHRAE_90_1.pdf : ASHRAE Standard 90.1, “Technology & Research Bulletin”, Oct. 2012-Issue 6.
 - [11] E.J. Do, “Innovate it, Energy-Eating Architecture like hippopotamus”, LG Business Insight, pp. 36-50, 2009. 12. 9.
 - [12] K. H Yoo, et al., “A Study on the City Design Scheme for Environment Friendly Neighborhood Development”, Architecture & Urban Research Institute, 2009.
 - [13] S. G. Cho, “The Current Status and Related Policy Trend of Green Gas Emission of Domestic Architecture”, AURI Brief, No. 25, pp. 2010. 3. 22.
 - [14] Ministry of Land and Transportation & Ministry of Trade, Industry and Energy, “Building Energy Efficiency Rating System”, 2013. 5. 16.
 - [15] Ministry of Land and Transportation, “Green Building Certification”, Regulations No. 103, Enforcement, 30, June, 2014.
 - [16] Stein, B., et al., “Mechanical and electrical equipment for buildings”, John Wiley & Sons, Inc, 2006.
 - [17] Park, Cheol-Soo, “Normative Assessment of Technical Building Performance”, Journal of Architecture Institute(Planning), Vol.22, No. 11, pp. 337-344, 2006.
 - [18] Act on the Promotion of the Development, Use and Diffusion of New and Renewable Energy, Ministry of Trade, Industry and Energy, Act No. 12296, Enforcement date 21, Jan, 2014.
 - [19] KEMCO, “Evaluation Program for Total Amount Energy Consumption of Building”, Manual, 2011.7.
 - [20] Jung-Gil Chun, et al., “Evaluation of Building Energy Efficiency Rating of the Business Buildings”, The proceeding of SAREK Annual Summer Conference 2011, pp. 673~676, 2011.

◇ 저자소개 ◇



홍원표 (洪元杓)

1978년 숭실대 전기공학과 졸업. 1989년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1979~1993년 한전 전력연구원 선임연구원. 2007~2008년 UBC 방문교수. 현재 한밭대학교 설비공학과 교수. 본학회 편수위원장. 주요 연구분야는 필드 버스제어네트워크 적용기술, Smart Green Building, Building Microgrid 및 Smart space 구축기술임.