

건축물 설계현황 분석을 통한 국내 비주거용 표준건물의 설정에 관한 연구

A Study on the Reference Building based on the Building Design Trends for Non-residential Buildings

정영선*† · 정해권** · 장희경*** · 유기형****

Jeong Young-Sun*† , Jung Hae-Kwon** , Jang Hee-Kyung*** and Yu Ki-Hyung****

(Submit date : 2014. 3. 7., Judgment date : 2014. 3. 17., Publication decide date: 2014. 6. 13.)

Abstract : The Korean government plans to introduce the building energy performance standard which regulates the annual energy consumption of buildings. This paper aimed to set up the reference building from database based on the building design trends for non-residential buildings. We surveyed the design data of 435 non-residential buildings which were granted building permission from 2007 to 2011. And we conducted estimation on the heating & cooling load and the energy consumption of the reference building using ECO2 program. From results, the reference building of non-residential buildings was office building which had a total 7 floors and 20,838 m² gross floor area. And it suggests the design reference data of building envelope, HVAC, heat source equipment and lighting system for the reference building. The total annual energy use of the reference building was 151.9 kWh/m²yr.

Key Words : 설계기준(Design criteria), 표준건물(Reference Building), 업무용 건물(Office Building), 건물에너지성능 (Building Energy Performance), 에너지절약계획서(Energy Saving Plan), 설계현황(Design Trends)

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

한국정부는 국가 중장기 온실가스 감축목표

를 2020년의 온실가스 배출 전망치 대비 30% 감축으로 감축시나리오 분석을 통해 확정·공포하고, 건물에서도 가정부문 27.0%, 상업부문 26.7%의 온실가스 감축목표를 확정하였다.¹⁾

*† 정영선(교신저자) : 한국건설기술연구원
E-mail : sunj74@kict.re.kr, Tel: 031-910-0108

**정해권 : 한국건설기술연구원
***장희경 : 한국건설기술연구원
****유기형 : 한국건설기술연구원

*† Jeong Young-Sun(corresponding author) : Korea Institute of Construction Technology

E-mail : sunj74@kict.re.kr, Tel : 031-910-0108

**Jung Hae-Kwon : Korea Institute of Construction Technology

***Jang Hee-Kyung : Korea Institute of Construction Technology

****Yu Ki-Hyung : Korea Institute of Construction Technology

또한 건물에너지 절약을 위한 녹색건축물 활성화 방안²⁾ 수립을 통해 2017년부터는 패시브 하우스와 저에너지 건축물(에너지소비 30% 저감)의 의무화 시행 그리고 2025년부터는 모든 건축물을 제로에너지 의무화를 추진하는 정책 로드맵을 마련하였다.

이에 따라 정부는 지속적인 건물에너지 효율화 정책을 수립하고 있으며 최근 ‘녹색건축물 조성 지원법’을 제정하여 이를 이행하기 위한 관련 법령을 구축하여 나가고 있다. 주요 정책으로 건축물 에너지절약설계기준의 강화, 에너지효율등급인증제도의 적용대상 확대 및 등급 강화, 에너지소비증명제도를 시행하고 건축물 에너지소비총량제도의 도입 등을 추진하고 있다. 특히 도입을 준비 중인 건축물 에너지소비총량제도는 일년동안 건축물에서 소비하는 총에너지사용량을 건축물의 연면적으로 나눠 단위면적당 에너지소비량이 일정기준 이하가 되도록 에너지소비량을 관리하는 제도이다.

그러나 이러한 건물에너지 효율화 정책을 수립하고 개정하기 위해 필요한 국내 건물의 설계 현황에 대한 객관화 및 정량화된 자료의 확보가 매우 부족하다. 또한 설계자, 시공자, 건축주 등이 건물의 계획 및 설계 시에 건물의 계획요소 및 적용기술 등에 따라 에너지 절감효과를 검토하고 참고할 만한 표준건물의 마련이 요구되고 있다.

따라서 본 연구는 국내 비주거용 건물에 대해 실제 국내에서 건축허가 받은 건축물을 대상으로 그 설계현황을 분석함으로써 건물 에너지 효율화 정책의 기초적인 기술자료를 확보하고자 한다. 또한 설계현황 분석을 통해 얻어진 자료로부터 비주거용 건물의 표준건물을 설정하여 건물에너지 절약 설계의 검토를 위한 표준건물로 제안하는데 목적이 있다.

1.2 연구방법

본 연구에서는 일정규모 이상의 건축물이 건축허가 시 의무적으로 제출해야 하는 ‘건축물 에너지절약계획서’를 수집하고 제출도서에 기록된 설계현황 데이터를 분석하여 국내 비주거용 건축물의 설계현황을 검토하였다. 조사 대상은 2007년부터 2011년까지 설계된 국내 비주거용 건물을 대상으로 하였다. 본 연구에서 수집된 건물 설계현황 데이터 수는 총 435개 건물이다.

설계현황 분석을 통해 건축물 설계항목별 데이터를 반영하여 표준모델을 작성하고 표준모델의 냉난방 부하 및 에너지 소요량을 분석하였다. 에너지 부하 분석을 위해 현행 건축물 에너지효율등급인증제도(국토해양부 고시 제 2013-248호)에서 에너지성능 평가를 위해 활용되고 있는 ECO2 시뮬레이션 프로그램을 사용하였다.

2. 건축물 설계현황 조사

2.1 건축물 에너지절약설계기준 현황

국내 건물의 에너지절약과 관련된 법령 및 제도는 신축건물의 단열기준을 단열재의 두께로 규정한 1979년 건축법 시행령 상의 ‘건축물의 열손실 방지 조항’에서 시작되었다. 1980년에 열관류율 제한 규정이 도입되고 1987년에 지역별 단열기준이 구분되었고 1992년 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제21조(건축물의 열손실방지)와 제22조(에너지절약계획서의 제출)의 규정을 통해 정착되기 시작하였다.³⁾

현재는 녹색건축물 조성 지원법 제14조(에너지절약계획서 제출)와 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제22조에 의해 건축물의 건축주는 신축건물의 건축허가를 신청하거나 용도변경에 대한 허가신청 등의 경우에 국토교통

부장관이 고시한 에너지절약계획서와 에너지 성능지표(Energy Performance Index, EPI) 검토서를 제출하여야 한다.⁴⁾ 이 기준은 2013년에 강화·개정되었고 연면적 합계 500m² 이상의 건축물은 모두 해당 규정을 따라야 하고, 설계기준의 의무사항 준수, 설계항목별 데이터를 기록한 에너지절약계획서 제출 및 65점 이상의 EPI점수를 획득하여야 한다. 또한 EPI 점수 산정을 위한 용도를 7개 용도(사무, 판매, 숙박, 목욕, 관람, 병원, 학교)에서 3,000m² 이상의 대형건물과 3,000m²미만의 소형건물로만 구분하는 것으로 개정되었다.

‘건축물 에너지절약계획서’는 건축물의 일반사항과 건축 단열구조 정보, 기계설비의 종류, 용량 및 효율 등의 기본정보, 전기설비의 기본정보, 신재생에너지 설비의 정보를 기록하는 1항의 기본 설계정보 문서와 2항의 에너지절약 의무사항의 준수 여부를 체크하는 검토서 그리고 첨부문서인 에너지성능지표(EPI) 검토서로 구성된다. EPI점수는 건축, 기계설비, 전기설비, 신재생 부문으로 구분되며 비주거용 건축물 중 대형건물의 평가 항목 수는 41개, 총 평점의 합계는 119점으로 표 1과 같다.

Table. 1 Score and items of EPI for large non-residential buildings

	Construction sector	Mechanical sector	Electrical sector	New&Renewal	Total
Item	8	16	13	4	41
Score	47	39	21	12	119

Note: There is not including items for reparation score.

본 연구에서는 이러한 건축물 에너지절약계획서에 명기된 건축물 설계현황 정보를 수집·정리하여 설계현황 데이터의 분석을 통해 어떠한 설계요소들이 적용되고 있고 그 성능이 어떠한 수준으로 설계되고 있는지 파악할 수 있다.

2.2 조사대상 건물 현황

비주거용 건축물의 설계현황을 조사하기 위해 수집된 설계건물의 수는 435개이며 설계된 년도는 표 2와 같고 건물의 용도별 구성은 그림 1과 같다.

Table. 2 Summary of designed time for non-residential buildings in the survey data

Year Data	2007	2008	2009	2010	2011	Total
Number	17	71	95	86	166	435

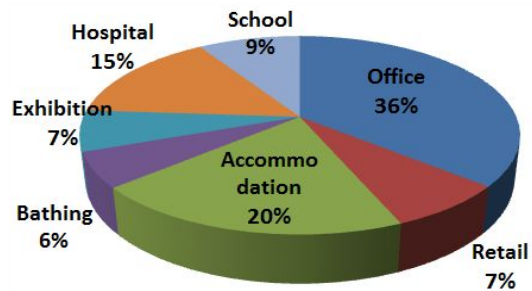


Fig. 1 Status of distribution by the type of building use

조사된 건물의 설계년도인 허가년도는 2011년에 166개 건물로 데이터 수가 가장 많고 2010년에 허가된 건물은 86개, 2009년의 95개 건물을 조사하였다. 조사된 건물의 건물용도는 사무소 용도의 건물이 157개(36%)로 가장 높은 비율이고 숙박시설용도가 20%, 병원이 15%로 나타났다. 지역별로는 중부지역 건물이 196개로 약 45%로 조사되었다.

3. 건축물 설계현황 분석

제출된 건축물 에너지절약계획서에서 수집된 건축물의 설계현황을 건축부문, 기계설비부문, 전기설비부문, 신재생부문으로 구분하여 분석하였다. 조사된 설계현황 데이터는 각

설계요소별로 그 수준을 파악하기 위해서 데이터의 분포 및 최대값, 최소값, 평균값, 중간값(Median), 최빈값(Mode) 등 일반 산출통계 분석을 실시하였다.

3.1 건축부문

(1) 건축규모

조사된 건물의 건축 연면적 현황은 571.4m²~400,060m²까지 분포하였고 건축면적은 232.6m²~55,561.5m²이었다. 지하주차장 및 기계실 등을 제외한 지상층 층수는 2011년에 설계된 지상 63층의 사무소 건물이 가장 높은 층수로 설계된 것으로 나타났다.

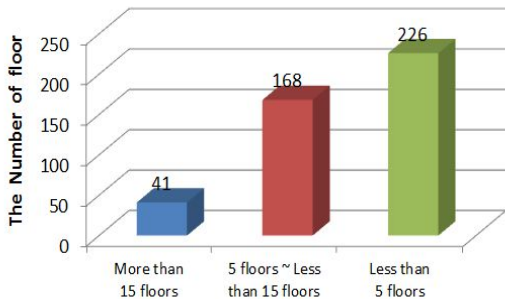


Fig. 2 The number of floor in the analyzed buildings

평균적인 설계 층수는 7층이며 가장 설계가 빈번하게 이루어진 건물층수는 4층이었다. 건물의 층수를 5층 이하, 5~15층 미만, 15층 이상 고층 건물로 구분할 때 설계된 건물의 분포는 그림 3과 같다.

기준 층의 층고는 평균 4.0m이고 중간값은 3.9m로 나타났다. 분석대상 건물들의 장변길이와 단변길이는 평균값으로 장변이 75.7m, 단변은 39.3m로 나타났고 장단변비의 평균값은 1.92이다.

전체 평균 창면적비는 36.9%로 나타났다. 연면적 10,000m²이하의 소규모 건축물의 창면적비는 33.7%로 전체 평균보다 낮게 나타났다. 연면적 10,000m²를 초과하는 건축물의 창

면적비는 40.9%으로 전체 평균의 창면적비보다 4.0% 높은 편이었다. 이는 대규모 건물의 경우 창호면적이 큰 커튼월을 적용하여 건물 외벽을 설계하는 경우가 많기 때문에 보다 높은 창면적비를 나타낸 것으로 보인다.

(2) 건물외피 단열

건물의 외피인 외벽, 지붕, 최하층 바닥, 창호에 대한 단열성능의 설계 현황을 살펴보면, 외벽의 경우 최소 0.024W/m²K까지 열관류율값으로 설계하고 있으며 평균값은 0.399W/m²K이고, 가장 많이 설계되는 값(최빈값)은 0.360W/m²K으로 나타났다. 2008년에서 2011년까지 적용된 에너지절약설계기준의 지역별 설계기준인 0.47W/m²K보다 높은 단열성능으로 설계된 것이다.

지붕의 경우 전체 열관류율의 평균은 0.209W/m²K이고 최빈값은 0.230W/m²K로 나타났다. 외기에 직접 면하는 최하층 바닥의 열관류율은 평균값이 0.312W/m²K였고 다수의 건물에 적용된 최빈값의 결과는 0.240W/m²K로 나타났다.

외피의 단열을 위해 사용되는 단열재의 적용 현황을 살펴보면, 전체적으로 압출법 보온판이 40.5%로 가장 높게 적용되었고 다음으로 비드법 보온판이 26.9%로 높은 적용율을 나타냈다. 그림 3은 단열재 종류의 적용 현황을 보여주고 있다.

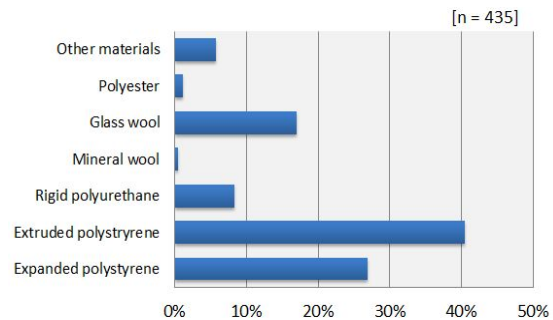


Fig. 3 Application and types of thermal insulation materials

창호의 단열성능은 분석대상 건물의 전체의 열관류율 평균값이 $2.62\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 이고 최빈값과 중간값은 동일하게 $2.60\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 로 나타났다. 창면적비가 40.9%이상인 건축물(연면적 $10,000\text{m}^2$ 초과 대형건축물)의 열관류율값의 평균은 $2.61\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 로 나타나 전체 평균과 매우 유사한 값을 나타냈다. 2008년~2011년에 적용된 창호의 열관류율 설계기준은 $3.40\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 이하로서 설계기준보다 매우 높은 단열성능으로 창호를 설계한 것으로 보인다. 이는 창을 통해 손실되는 냉방부하를 줄이기 위해 보다 높은 단열성능의 유리를 사용하는 등의 설계요인이 작용한 것으로 분석된다.

설계된 창호의 60.1%가 $2\text{m}^3/\text{hr} \cdot \text{m}^2$ 이하의 기밀성능을 갖도록 설계된 것으로 나타났다. 그러나 $8\text{m}^3/\text{hr} \cdot \text{m}^2$ 이상의 기밀성능이 낮은 창호도 23.4%를 차지하는 것으로 나타났다. 창호의 단열성능뿐만 아니라 기밀성능이 높은 창호의 적용이 요구된다고 할 수 있다.

창호 유리종류의 설계현황은 그림 4에 나타내었다. 전체적으로 24mm 로이복층유리와 24mm 복층유리의 적용비율이 63.9%로 매우 높게 나타났다.

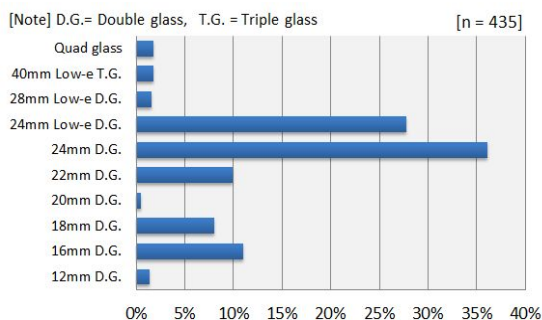


Fig. 4 Application and types of window glass

3.2 기계설비부분

설계에 적용된 난방기기의 종류는 다음 그림

5와 같다. 히트펌프를 적용한 개별냉난방시스템인 EHP가 20%이상 높은 적용율을 보인다. 그림 6의 냉방기기 적용 현황에서도 EHP는 30%의 높은 적용현황을 보였다. 이는 5층이상 규모의 소규모 건물에 쉽게 적용되는 시스템으로 설계시 적용이 용이하기 때문인 것으로 분석된다. 온수보일러가 29%로 난방기기 중 가장 높은 적용현황을 보였고 냉방기기는 흡수식 냉동기가 25%의 적용현황을 나타냈다.

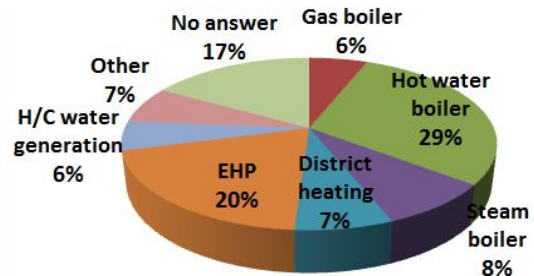


Fig. 5 Application and types of heating plant system

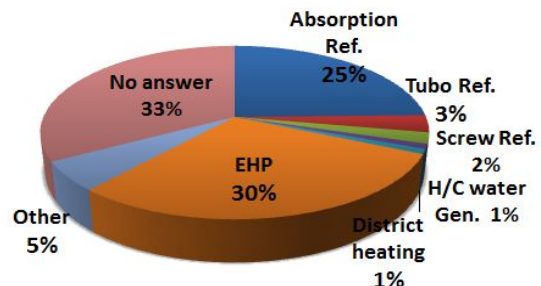


Fig. 6 Application and types of cooling plant system

난방기기의 효율에 대한 설계현황은 그림 5에 나타난 난방기기 중 EHP와 효율 데이터가 없는 경우(No answer)를 제외하고 온수보일러, 증기보일러 등의 기기에 대해 표 3과 같이 최대, 최소, 평균, 중간, 최빈의 값으로 통계 처리하여 도출하였다. 난방기기의 최대 효율은 99.0%였고 전체 평균 효율은 81.4%, 가장 많은 건물이 채택한 난방기기 효율은 91.0%였

다. 난방기기 효율 91.0%는 에너지성능지표(EPI)에서 기계설비부문에 주어진 배점으로 볼 때 1점 만점(92%이상)에 0.9점(89~92%미만)을 획득할 수 있는 수준의 성능이다.

Table. 3 The efficiency of heating source system

[%]	Max.	Min.	Aver.	Median	Mode
Efficiency	99.0	75.2	81.4	90.0	91.0

냉방기기의 효율은 다양한 분포를 보이는 데 본 연구에서는 EHP를 제외하고 그림 6에서와 같이 설계 적용이 많았던 흡수식 냉동기의 효율(COP)을 분석하여 표 4에 나타내었다. 조사대상 건물들의 냉방을 위해 적용된 흡수식 냉동기의 효율은 평균적으로 1.08이고 중간값은 1.06, 가장 많이 설계에 반영된 효율은 1.20이었다. 평균값은 수집된 흡수식 냉동기 효율 데이터의 산술평균값을 나타내며 중간값은 수집된 데이터의 최대값과 최소값사이의 분포에서 정가운데 위치한 설계 데이터 값을 의미한다. 이때 평균값과 중간값이 유사할 경우 데이터의 분포가 정규분포에 가깝다고 할 수 있으며 평균이 대푯값의 역할을 할 수 있다. EPI의 배점은 평균효율인 1.08이 0.8점, 최빈값 1.20은 만점인 1점을 획득하는 수준이다.

Table. 4 The efficiency of absorption refrigeration

[COP]	Max.	Min.	Aver.	Median	Mode
Efficiency	3.94	0.60	1.08	1.06	1.20

3.3 전기설비부문

건축물 에너지절약계획서에 명기되는 전기설비부문의 설계현황은 변전설비, 동력설비,

승강설비, 조명설비, 전력감시제어설비 등의 데이터이다. 본 연구에서는 조명에너지 소비와 직접 관련이 있는 주거실의 설계조도, 조명 전력, 조명광원(조명기기), 조명제어시스템 유무, 자동조도점멸장치 유무 등에 대한 데이터를 조사대상으로 하였다.

조명설계에 있어 주거실의 설계조도는 대형마트 등의 판매시설에서는 1,000 lx가 넘는 조명설계를 하였고 평균적으로 324 lx의 조명설계가 이루어진 것으로 분석되었다. 또한 분석 대상 건물의 용도가 그림 1과 같이 사무용 건물의 비율이 높아 300 lx의 조명설계가 가장 많은 빈도수를 나타냈다. 주 거실의 조명밀도는 전체 평균 21.0 VA/m²으로 나타났고 조명밀도 분포 중 중간값은 15.0 VA/m²로 분석되었다.

주요 조명기기의 종류는 그림 7와 같이 32W 형광등이 전체 조명기기 중 63%의 비율로 가장 많이 설계에 적용되었다. LED의 적용은 매우 낮은 수준인 것으로 나타났다.

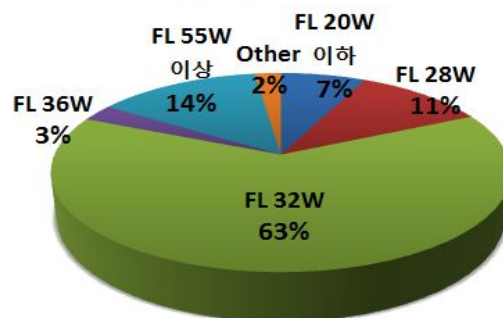


Fig. 7 Application and types of lighting equipment

3.4 신재생에너지부문

태양열, 태양광, 지열, 풍력 등 신재생에너지 시스템은 67.1%의 건물에서 반영되지 않았다. PV 등의 태양광 시스템이 전체 건물 중 21.0%의 건물에서 설계에 반영되었고 지열시

스텝이 8.9%의 건물 설계에 적용된 것으로 나타났다. 태양열은 2.5%, 풍력은 0.5% 수준으로 설계에 반영된 것으로 분석되었다.

4. 비주거용 표준건물의 설정

표준건물을 설정하기 위한 표준모델의 설계 요소의 값은 항목별로 통계분석 값 중에서 대푯값으로 선정할 수 있는 데이터로 선정하였다. 단열재, 창호의 종류, 냉난방설비 종류 등의 설계요소의 종류를 선택하는 경우는 적용 비율이 높은 데이터나 그 종류를 선정하였고 층수, 기준층의 층고, 창면적비, 효율 등은 평균값을 대푯값으로 하였다. 건물의 부위별 열관류율 값은 그 적용 분포가 크게 나타난 경우로서 가장 많이 적용된 데이터 값인 최빈값을 그 항목의 대푯값으로 정하여 설계데이터로 선정하였다.

4.1 비주거용 표준건물 모델

본 연구에서 설정하고자 하는 비주거용 건축물의 표준건물은 앞선 3장에서 분석한 설계 현황 분석 자료를 토대로 지하 1층, 지상 7층, 건축면적 약 4,440㎡, 연면적 20,838㎡ 규모의 건물로 표 5와 표6과 같이 설정하였다.

건물의 용도는 설계현황 분석에서 가장 높은 비율을 차지한 사무소 건물로 설정하였다. 표준모델의 기준층은 방위별로 공조 존을 구분하고 외벽으로부터 5m 깊이에 4개의 외주부와 1개의 내주부 존으로 구성하였다. 그 외 엘리베이터 홀 등 코어는 기준층의 중간에 위치하고 그 면적은 기준층 대비 20%로 설정하였다. 표준건물의 기준층 평면도와 단면도는 그림 8과 같다.

Table. 5 Design summary of the reference building

Design element		Conditions
Outline	Building use	Office building
	Number of floors	7 Floors, B1Floor
	Typical floor area	2,976.9㎡
	Ceiling height	4.0m
	Aspect ratio	1 : 1.92
	Window-to-wall ratio	36.9%
	Orientation	South
Building	Region	Central region
	K-value of wall	0.36W/㎡K (indirect external air: 0.49)
	K-value of roof	0.23W/㎡K (indirect external air: 0.29)
	K-value of window	2.60W/㎡K (indirect external air: 3.2)
	Shading coefficient	0.6
	Window type	24mm Low-e double glass
	Air leakage	1.5ACH

건물 외벽의 열관류율은 0.36W/㎡K, 지붕은 0.23W/㎡K로 설정하였다. 외기에 직접 면하는 창호는 24mm Low-E 투명복층유리로 열관류율은 2.6W/㎡K로 설정하였고, 차폐계수는 투명복층유리의 일반적인 값인 0.6으로 설정하였다.

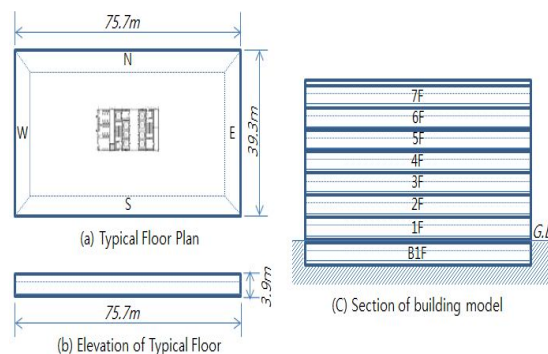


Fig. 8 Plan and section of the reference building

Table. 6 System summary of the reference building

Design element		Conditions
Equipm-ent	Heat source system	Hot water boiler : (12,010kW, 2ea, 91.0%) Absorption refrigerating machine: (1,260kW, 2ea, COP 1.08)
	HVAC system	CAV+FCU
Electric-al Equip.	Light condition	300lx
	Light fixture	32W Fluorescent lamp
	Light density	15.0W/m ²
Renew-al	PV	Not applied

열원시스템의 설계용량은 온수보일러 12,010kW, 흡수식 냉동기는 1,260kW로 각각 2대로 설정하였다. 설계용량의 설정방법은 앞선 분석한 설계현황 데이터 중 업무용 건물로 건축물의 규모가 유사한 건물의 열원시스템의 설계 용량을 참고하고 기계설비 설계 전문가의 설계자문을 받아 표준모델의 데이터로 선정하여 활용하였다. 공조방식은 우리나라 업무용 건물이 일반적으로 적용하며 기본적인 공조방식의 하나인 외주부 팬코일유닛(FCU), 내주부는 정풍량(CAU)시스템을 채택하였다.

건물의 표준운전상태 및 용도 프로파일은 건물의 에너지소비에 큰 영향을 미치는 중요한 요소 중의 하나이다. 본 연구에서는 건축물 에너지효율등급인증제도 운영규정⁵⁾에서 건물에너지 평가에 활용되는 표준운전조건 및 용도별 프로파일은 그대로 다음과 같이 적용하였다. 건물의 사용스케줄은 오전 9시부터 오후 6시까지이며 공조의 운전시간은 오전 7시부터 시작하여 오후 6시에 종료한다. 연중 월간 사용일수는 그림 9와 같이 총 250일로 설정하였다. 최소 도입 외기량은 6m³/(h·m²), 급탕요구량은 30Wh/(m²·day), 조명시간은 사용스케줄과 동일하다. 실내발열 밀도는 재실밀도를 55.8Wh/

(m²·day), 기기발열은 126Wh/(m²·day)로 설정하였다. 실내 난방 설정온도는 20℃, 냉방 설정온도는 26℃로 하였다.

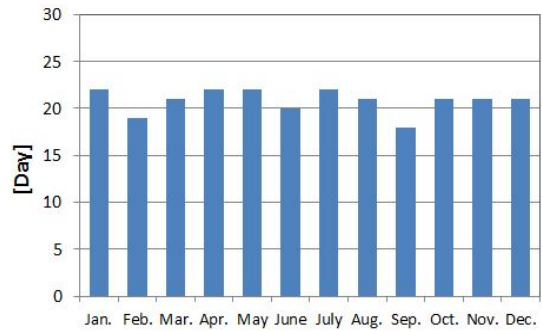


Fig. 9 Monthly operation day for energy simulation

4.2 에너지 소요량 분석 결과

현행 건축물 에너지효율등급 평가에서 활용되고 있는 ECO2 프로그램을 활용하여 표준모델을 모델링하고 에너지 성능 분석을 실시하였다. 에너지 성능평가의 기간은 1년을 기준으로 시뮬레이션 분석을 실시하였다. 표준건물의 에너지 소요량 분석은 월별 냉난방 부하, 월별 에너지 소요량의 용도별 사용량, 단위면적당 에너지 소요량 등에 대해서 분석하였다.

표준건물의 연간 난방부하는 527.5MWh이고 냉방부하는 621.5MWh로 나타났다. 단위면적당 냉난방 기준부하는 50.1kWh/m²yr로 분석되었다. 기존의 선행연구⁶⁾에 나타난 비주거용 건물의 냉난방 기준부하인 57.0 kWh/m²yr과 비교하여 약 12.1% 감소한 결과이다. 이는 창면적비 등 건축적 설계요소의 입력값, 사용된 평가틀 등의 차이에서 발생할 수 있으나 단열설계에 있어 선행연구는 외벽 기준이 0.47W/m²K, 창호 3.84W/m²K이므로 본 연구의 단열성능이 약 23~32%이상 향상된 것이 주된 요인인 것으로 판단된다. 그림 10에 표준건물의 월별 냉방 및 난방부하를 나타냈다.

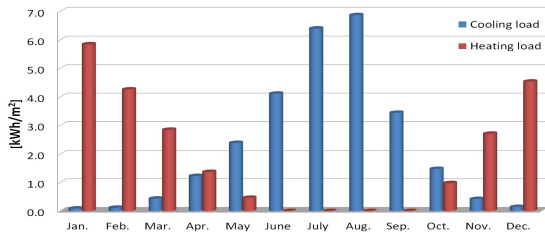


Fig. 10 Monthly heating and cooling load of the reference building

연간 소비될 것으로 예측되는 에너지 소요량은 3,431.9MWh로 나타났다. 난방에너지는 1,064.8MWh로 31.0%의 비중으로 가장 소비가 높았고 냉방에너지는 1,056.7MWh (30.8%)로 높게 분석되었다. 조명에너지는 717.6MWh (20.9%), 환기에너지가 404.4MWh (11.8%), 급탕에너지가 188.4MWh (5.5%)로 나타났다. 가장 많은 에너지 소요량을 필요로 하는 월은 냉방에너지 소비가 높은 8월로써 400.1MWh로 나타났다. 그 다음으로 난방에너지 소비가 높게 나타난 1월(391.7 MWh) 순으로 나타났다. 에너지 소비가 가장 낮은 월은 중간기인 10월과 5월로 분석되었다. 그림 11은 난방, 냉방, 조명, 급탕, 환기의 용도별 에너지 소요량의 월별 변화를 보여주고 있다. 표준건물의 연간 단위면적당 에너지 소요량은 151.9kWh/m²yr로 산출되었다.

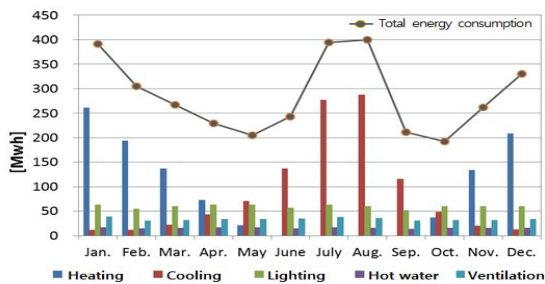


Fig. 11 Monthly energy consumption by end-use of the reference building

표준건물의 에너지원별 소요량을 분석한 결과는 다음과 같다. 가스에너지 사용량은 연간

총 1,945.1Mwh로 냉방을 위해 소비된 8월의 사용이 가장 높았고 6월부터 9월까지는 난방용 가스 사용은 없는 것으로 나타났다. 표준건물은 가스 흡수식 냉동기 열원을 사용하므로 냉방을 위해 사용된 8월과 7월의 가스사용이 높았다. 급탕에 의한 가스 사용량은 월 평균 15.5Mwh로 연중 일정한 것으로 나타났다. 그림 12는 가스에너지 사용량의 용도별 분포를 보여준다.

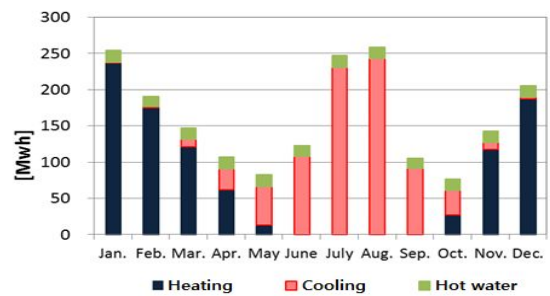


Fig. 12 Monthly gas consumption by end use of the reference building

전력에너지 사용량은 연간 총 1,486.8Mwh로 나타났다. 전력의 소비량은 난방, 냉방, 조명, 환기에 의해 발생하며 월 평균 123.9 Mwh를 소비할 것으로 분석되었다. 환기용 펌프, 팬 등의 동력에 의한 전력소비가 27.2%로 높은 비중을 차지하고 조명용 전력이 48.3%로 높게 나타났다. 그림 13은 월별 전력에너지 사용량의 용도별 분포를 보여준다.

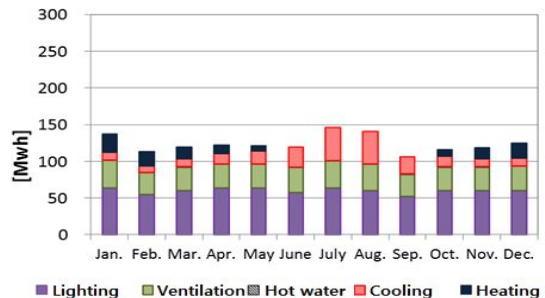


Fig. 13 Monthly electricity consumption by end use of the reference building

5. 결 론

본 연구는 건축물에너지소비총량제도 등 정부의 건물에너지 효율화 정책 수립 및 건축물의 에너지절약 설계 및 기술 적용 시에 참고할 수 있는 표준건물을 설정하는 데 목적이 있다. 이를 위해 국내 비주거용 건물의 '건축물에너지절약계획서'를 수집하고 DB화하여 설계현황을 분석하고 이를 통해 비주거용 표준건물의 설계데이터를 설정하였다. 건축물 에너지 성능평가 시뮬레이션을 수행하여 표준건물의 에너지 소요량을 월별, 용도별, 에너지원별로 분석하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 비주거용 건축물 435개를 대상으로 법령에 따라 신축건물의 건축허가 시에 제출하여야 하는 건축물 에너지절약계획서와 에너지성능지표(EPI) 검토서, 설계도서를 수집하고 설계에 적용된 내용을 분석하여 국내 비주거용 건축물의 설계현황을 분석하였다.
- (2) 설계현황에 대한 분석 결과는 다음과 같다. 사무소 용도의 건물이 36%로 높은 비율로 나타났고 평균 설계 층수는 7층 규모로 분석되었다. 건물의 장단변비는 1.92이고 전체 분석대상 건물의 평균 창면적비는 36.9%로 나타났다. 건물외피의 단열 성능은 외벽의 열관류율이 $0.36\text{W}/\text{m}^2\text{K}$, 지붕은 $0.23\text{W}/\text{m}^2\text{K}$, 창호는 $2.60\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 로 가장 많이 설계에 적용되는 것으로 나타났다. 단열재의 종류는 압출법 단열재가 설계에 가장 많이 적용되었고 창호는 24mm 로이복층유리가 가장 많이 적용되었다. 열원시스템은 난방 및 급탕 공급을 위해 효율 91.0%의 온수보일러와 냉방공급을 위해 COP 1.08의 흡수식 냉동기가 높은 적용현황을 보였다. 주요 조명기구는 32W 형광램프로 조명밀도가 $15.0\text{W}/\text{m}^2$ 로 나타났다. 신재생에너지시스템은 67%이상의 건물에서 적용되지 않는 것으로 나타났

고 태양광시스템과 지열시스템이 약 30%의 수준으로 설계에 반영되는 것으로 나타났다.

- (3) 설계현황 분석을 통해 비주거용 표준건물의 설계요소의 구성 및 데이터를 도출한 결과, 건물의 용도는 사무소 용도의 건물로 규모는 지상 7층 지하1층의 기준층 면적 $2,976.9\text{m}^2$ 로 표 5와 그림 8과 같이 비주거용 표준건물을 설정하였다.
- (4) 비주거용 표준건물의 연간 총에너지 소요량은 $3,431.9\text{MWh}$ 이었고 이중 난방에너지가 31.0%이상을 차지하였고 다음으로 냉방에너지가 30.8%의 소비 비중을 나타냈다. 다음으로 조명에너지 (20.9%), 환기에너지 (11.8%), 급탕에너지 (5.5%) 순으로 소비되는 것으로 분석되었다. 연간 단위면적당 에너지소요량은 $151.9\text{kWh}/\text{m}^2\text{yr}$ 로 분석되었으며 총 에너지소요량 중에서 에너지원인 가스는 난방 및 냉방에너지의 열원으로 사용되면서 56.7%를 차지하였고 전력은 조명, 환기에 의해 43.3% 소비 비중을 나타냈다.

이상의 연구결과로부터 본 연구에서 설정한 비주거용 표준건물은 건축물 에너지효율화 정책 및 건축물 에너지소비총량제도 도입 등을 위한 설계요소 검토 및 에너지 성능 평가의 참조를 위한 벤치마킹 자료로 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대한다. 향후 공동주택 등 주거용 건물에 대한 설계현황 및 표준건물에 대한 연구가 추가적으로 진행되어야 할 것이고 더 나아가 판매, 숙박, 병원, 학교 등의 다양한 건물 유형에 대한 연구로 확대될 필요가 있다.

후 기

본 연구는 2012년도 국토교통부 첨단도시개발 연구사업의 연구비 지원으로 수행되었음(과제번호 : 12첨단도시C03)

Reference

1. Korean government, Press release-Creating a blueprint for greenhouse-gas emissions mitigation of Korea, government departments joint, 2011
2. Korean Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Activation plan for green city and green buildings, 6th Report of the committee on green growth, 2009
3. Jeong, Y. S., Government policy trends for reduction of greenhouse-gas in building sector, Korea green building council, Vol.13, No.3, 2012, pp.35~41.
4. Korean Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea building energy efficiency standard and code, [MOLIT notice No. 2013-149], 2013
5. Korea energy management corporation, Operating rules of building energy efficiency rating certification system (version 2013.09.01.), 2013
6. Jang, Y. S. et.al., An Envelope Database of a Non-residential building to Cope with Framework Convention on Climate Change, Proceedings of the Korean Solar energy Society 2005 Autumn Annual Conference, pp. 109~114.
7. Lee, H. W., Performance-based Energy Standard of the Total Annual Energy Use in Office and Apartment Buildings, Journal of the Korean Society of Living Environment System, Vol. 15, No. 4, 2008, pp. 596~602.
8. Jang, H. Y. et.al., Analysis on Characteristics of the Energy Performance Index Depending on the Building Uses for Non-residential Building, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 30, No. 1, 2014, pp. 199~207.