

소규모 업무용 건물의 외피 열성능에 따른 건축물 에너지효율등급 평가 연구

김상아*, 홍원화**, 박효순***

*경북대학교 대학원 건축·토목공학부(kieselk3j@nate.com),
**경북대학교 건축·토목공학부(hongwh@knu.ac.kr),
***한국에너지기술연구원(hspark@kier.re.kr)

Evaluation of the Energy Efficiency Rating in small office building according to the Thermal Performance of Building Envelope

Kim, Sang-A* Hong, Won-Hwa*** Park, Hyo-Soon**

*Dept. of Architecture & Civil Eng. Graduate School, Kyungpook University(kieselk3j@kier.re.kr),
**Dept. of Architecture & Civil Eng. Kyungpook University(hongwh@knu.ac.kr),
***Energy Efficiency Dept, KIER(hspark@kier.re.kr)

Abstract

Each country has implemented various environmental policies to prevent natural disasters and destruction of ecosystem caused by global warming. The republic of Korea also was performed building energy efficiency rating certification system as part of paradigm of 'Low carbon green growth' since 2010. However, the status on the building energy efficiency rating certification system has not been analyzed.

In this study, We analyzed the elements affecting the energy efficiency of small office buildings focusing the status and certification cases of the building energy efficiency rating system. As a result, it is judged that thermal performance contribution of the building envelope is not high in the buildings certificated the first grade of the building energy efficiency rating system.

Keywords : 건축물 에너지효율등급(Building Energy Efficiency Rating), 소규모 사무소 건물(Small Office Building), 건물 외피(Building Envelope)

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 국내 총 에너지 소비량의 20% 이상을 차지하는 건물 분야의 에너지 소비를 감축하기 위해 국가적으로 다양한 정책들을 제시하고 있다. 녹색성장 5개년 계획에서 에너지절약 설계기준, 에너지소비총량제 등 관련 규제를 강화하였고, 건축물 에너지효율등급 및 친환경건축물 인증제도의 적용대상을 단계적으로 확대하였다. 또한 건물 에너지관리시스템 확대를 통해 에너지절약을 추진하고, 신재생에너지 설비를 지원하여 그린홈, 그린빌딩을 확대하고자 하는 계획을 수립하였다.

이 중 건축물 에너지효율등급 인증제도는 정부정책을 실현하기 위한 도구로 활용가능하며 건물에너지 소비의 정량적인 지표로의 적용 또한 가능하다. 업무용 건축물 에너지효율등급 인증제도의 경우 2010년 1월부터 현재까지 시행되고 있으나 인증 현황 및 인증 결과에 영향을 미치는 요소에 대한 분석이 이루어지지 않고 있다. 이로 인해 설계 단계에서 건물의 에너지효율 향상을 위해 우선적으로 적용해야 할 항목들을 판단하는데 어려움을 겪고 있다.

본 연구에서는 소규모 사무소 건물의 에너지효율등급 인증제도의 현황과 인증사례 분석을 통하여 연간 단위면적당 1차에너지소요량(1차E소요량) 절감을 위한 요소별 에너지소요량 및 저감효과를 제시하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구에서는 건축물 에너지효율등급 평가 프로그램인 ECO2를 사용하여 소규모 사무소 건물의 외피 성능에 따른 1차E소요량과 절감율을 산출하여 분석하였다. 사무소 건물의 규모 구분은 현재 따로 규정되어있는 내용이 없으므로 본 연구에서는 연면적 1,000~3,000㎡의 건물을 소규모로 정하였다.

연구는 다음과 같은 방법으로 진행하였다.

- 1) 한국에너지기술연구원에서 건축물 에너지효율등급 인증을 받은 소규모 사무소 건물의 현황을 분석하여 등급에 영향을 미치는 건축부문 요소를 선정한다.
- 2) 인증 사례의 현황을 분석하여 결과 분석에 적용할 대표건물을 선정한다.
- 3) 대표건물의 외피 성능 강화에 따른 요소별 1차E소요량과 절감율을 분석한다.

2. 건축물 에너지효율등급 인증제도

2.1 건축물 에너지효율등급 개요

건축물 에너지효율등급 인증제도는 에너지저소비형 건축물의 보급 확대를 목적으로 에너지절약설계기준 등 관련법규에서 규정된 기준 이상의 우수한 에너지절약설계를 채택하여 에너지이용효율향상을 도모한 건축물에 대해 등급별 인증을 부여하는 제도이다.

건축물 에너지효율등급 인증제도는 2001년 신축 공동주택에 한해 시행되었으며, 2010년 신축 업무용 건축물로 인증범위를 확대하고 신축 공공청사의 경우 건축물 에너지효율등급 1등급 취득을 의무화 하였다.¹⁾ 에너지효율등급 인증제도는 현재 신축 공동주택 또는 사무용도로 사용하는 업무용 건축물을 대상으로 하고 있으나 정부 정책에 따라 단계적으로 인증대상이 확대될 예정이다.

2.2 건축물 에너지효율등급 평가기준

업무용 건축물의 에너지소요량은 ISO-13790 등의 국제규격에 따라 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기에너지 소요량을 산정하며, 산정된 에너지소요량에 1차 에너지환산계수를 곱하여 산출된 1차E소요량 기준으로 등급을 평가한다.²⁾ 업무용 건축물 에너지효율등급 평가기준은 Fig. 1과 같다.

1) 지식경제부고시 제2011-154호 공공기관 에너지이용합리화 추진에 관한 규정 / 제3장 건물부문 에너지이용합리화 제6조 ①

2) 건축물 에너지효율등급 인증제도 운영규정 제5조

업무용 건축물 에너지효율등급의 등급은 Table. 1과 같이 5등급 체계로 구분되며 평가 기준에 따라 계산된 1차E소요량을 기준으로 300 kWh/m²·년에서 500 kWh/m²·년까지 50 kWh/m²·년 간격으로 구분된다.

에너지 소요량 = 해당 건축물에 설치된 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기시스템에서 소요되는 에너지량

$$\begin{aligned} \text{단위면적당 에너지 소요량} = & \frac{\text{난방에너지소요량}}{\text{난방에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}} \\ & + \frac{\text{냉방에너지소요량}}{\text{냉방에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}} \\ & + \frac{\text{급탕에너지소요량}}{\text{급탕에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}} \\ & + \frac{\text{조명에너지소요량}}{\text{조명에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}} \\ & + \frac{\text{환기에너지소요량}}{\text{환기에너지가 요구되는 공간의 바닥면적}} \end{aligned}$$

단위면적당 1차에너지소요량 = 단위면적당 에너지소요량 X 1차에너지 환산계수

Fig. 1 Evaluation standard of office building energy efficiency rating system

Table. 1 Grade standard of office building energy efficiency rating system

등급	연간 단위면적당 1차E소요량 [kWh/m ² ·y]
1	300 미만
2	300 이상 350 미만
3	350 이상 400 미만
4	400 이상 450 미만
5	450 이상 500 미만

2.3 인증 현황

업무용 건축물 에너지효율등급 인증제도 시행 후 2011년 12월까지의 전체 인증기관 인증현황은 Table. 2와 같다. 예비인증 201건, 본인증 36건이 이루어졌으며, 2010년 71건, 2011년 166건으로 2010년 대비 2011년의 인증 사례가 2배 이상 증가함을 알 수 있다.

Table. 2 Certification status of office building energy efficiency rating system

	2010년	2011년	합계
예비인증	69건	132건	201건
본인증	2건	34건	36건
합계	71건	166건	237건

3. 현황 분석을 통한 대표건물 선정

3.1 소규모 업무용 건물의 인증 현황

제도 시행 후 한국에너지기술연구원에서 예비인증을 취득한 소규모 건물은 전체 45건이며, 인증사례의 1차E소요량을 50 kWh/m²·년 간격으로 구분한 결과는 Table. 3과 같다. 인증사례 중 1차E소요량이 가장 낮은 건축물은 128.4kWh/m²·년, 가장 높은 건축물은 299.2kWh/m²·년으로 나타났다.

Table. 3 Distribution of primary energy consumption

1차E소요량 [kWh/m ² ·y]	100-150 (A등급)	150-200 (B등급)	200-250 (C등급)	250-300 (D등급)
해당 건수	2	15	13	15

인증사례의 1차E소요량을 50kWh/m²·년 단위로 등급화한 후, 등급별 외피의 단열성능, 바닥면적에 대한 외표면 비율(S/F), 체적에 대한 외표면 비율(S/V), 창면적비에 대한 현황을 분석한 결과는 Table. 4와 같다. 1차E소요량이 클수록 요소별 평균값이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 벽체와 지붕의 열관류율, S/F의 경우 A등급 기준 평균값 증가율이 비교적 일정한 것으로 나타났다.

Table. 4 Average of the architectural elements

요소	등급	100-150 (A등급)	150-200 (B등급)	200-250 (C등급)	250-300 (D등급)
		열관류율 [W/m ² K]			
열관류율	벽체	0.27	0.28	0.32	0.37
	창호	2.14	2.26	2.42	2.45
	바닥	0.19	0.24	0.28	0.36
	지붕	0.14	0.18	0.19	0.20
S/F [%]	64.91	85.59	90.66	97.94	
S/V [%]	23.50	30.91	32.39	36.49	
창면적비[%]	21.90	25.90	26.40	32.40	

3.2 소규모 업무용 건물의 요소별 현황

건축물 에너지효율등급 인증을 받은 소규모 건물의 현황 분석을 통해 대표건물을 선정하였다. 건축부문의 외피 열관류율, 창면적비, 창호의 차폐계수, S/F, S/V를 최소, 최빈, 최대, 평균값

으로 구분하여 정리한 결과는 Table. 5와 같다.

인증사례 45건의 벽체 및 창호의 열관류율 평균은 각각 0.32W/m²K, 2.36W/m²K 으로 나타났다. 이는 2008년의 중부지역 열관류율 법 기준³⁾인 벽체 0.47W/m²K, 창호 3.40W/m²K 대비 성능이 31.9%, 30.6% 우수하며, 2011년 2월 강화된 벽체 0.36W/m²K, 창호 2.40W/m²K의 기준 또한 만족하였다.

Table. 5 Status on architectural elements of the small office building

		최소	평균	최빈	최대
열관류율 [W/m ² K]	벽체	0.12	0.32	0.30-0.40	0.49
	창호	0.91	2.36	2.00-3.00	3.70
창면적비 [%]		11.10	28.00	20-30	50.00
창호 차폐계수		0.40	0.61	0.60	0.80
S/F [%]		48.25	90.25	80-95	137.32
S/V [%]		17.87	32.87	30-40	46.08

3.3 대표건물 개요

3.2절의 현황을 토대로 선정된 대표건물은 인천에 위치한 정남향의 지하1층, 지상3층 업무용 건축물로 건축물의 개요는 Table. 6, 기준층 평면은 Fig. 2와 같다.

Table. 6 Overview of the representative model

구분	내용	
건물위치	인천	
규모	지하1층 - 지상3층	
방위	남향	
연면적	2,474.50 m ²	
열관류율 (남부지역 법기준)	벽체	0.36 W/m ² K
	지붕	0.20 W/m ² K
	바닥	0.58 W/m ² K
	창호	2.40 W/m ² K
창호 차폐계수	0.6	
창면적비	29.9 %	
S/F	85.44 %	
S/V	31.65 %	
냉/난방시스템	EHP	

3) 국토해양부령 제408호 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 / 별표4 지역별 건축물부위의 열관류율표(제21조 제1항 제1호 관련)

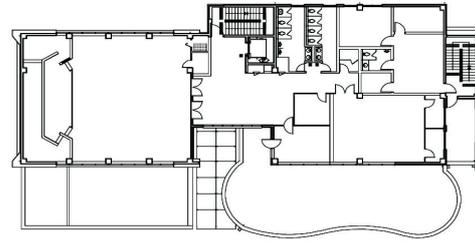


Fig. 2 Typical floor of the representative model

ECO2 프로그램을 사용하여 대표건물의 연간 에너지요구량 및 소요량을 분석한 결과는 Table. 7과 같으며, 1차E소요량은 247.24 kWh/m²·년으로 나타났다. 시뮬레이션에 사용된 실내 설정조건 및 기상데이터는 ECO2에서 제공되는 데이터를 활용하였다.

Table. 7 Annual energy demand and consumption of the representative model [kWh/m²·y]

	난방	냉방	급탕	조명	환기	합계
요구량	28.88	28.51	13.3	27.59	-	98.28
소요량	17.67	10.47	22.06	27.59	10.41	88.2
1차 소요량	48.59	28.79	65.35	75.87	28.63	247.24

4. 외피 성능에 따른 1차E소요량 분석

3.1절의 분석 결과를 토대로 대표건물의 벽체, 지붕, 바닥의 단열성능과 창호의 단열성능 및 차폐계수를 10% 단위로 강화하여 각 요소별 1차E소요량에 미치는 영향을 세부적으로 분석하였다. 급탕, 조명, 환기에너지의 경우 외피성능 강화에 따른 변화가 없으므로 난방, 냉방의 1차E소요량과 함께 1차E소요량 및 기준대비 절감량을 분석하였다.

4.1 구조체 단열성능에 따른 1차E소요량

구조체 단열성능에 따른 난방, 냉방, 합계의 1차E소요량 및 절감율은 Table. 8, 기준대비 1차E소요량 절감율은 Fig. 3과 같다.

세 구조체 중 면적이 비교적 넓은 벽체의 합계 1차E소요량 절감율이 2.46%로 가장 크

Table. 8 Primary energy consumption and saving ratio related the thermal insulation performance [kWh/m²·y]

성능 강화비율	벽체				지붕				바닥			
	난방	냉방	합계	절감율	난방	냉방	합계	절감율	난방	냉방	합계	절감율
	1차E 소요량	1차E 소요량	1차E 소요량		1차E 소요량	1차E 소요량	1차E 소요량		1차E 소요량	1차E 소요량	1차E 소요량	
기준	48.59	28.79	247.23	-	48.59	28.79	247.23	-	48.59	28.79	247.23	-
10%	47.70	28.99	246.54	0.28	48.29	28.86	247.00	0.09	47.97	29.06	246.88	0.14
20%	46.79	29.19	245.83	0.57	47.98	28.95	246.78	0.18	47.35	29.27	246.47	0.31
30%	45.89	29.43	245.17	0.83	47.67	29.01	246.53	0.28	46.73	29.49	246.07	0.47
40%	44.99	29.65	244.49	1.11	47.36	29.06	246.27	0.39	46.11	29.72	245.68	0.63
50%	44.09	29.87	243.81	1.38	47.05	29.12	246.02	0.49	45.50	30.02	245.37	0.75
60%	43.20	30.09	243.14	1.65	46.74	29.19	245.78	0.59	44.90	30.29	245.04	0.89
70%	42.30	30.30	242.45	1.93	46.43	29.27	245.55	0.68	44.30	30.56	244.71	1.02
80%	41.41	30.55	241.81	2.19	46.13	29.34	245.32	0.77	43.70	30.82	244.37	1.16
90%	40.53	30.77	241.15	2.46	45.82	29.40	245.07	0.87	43.10	31.10	244.05	1.29

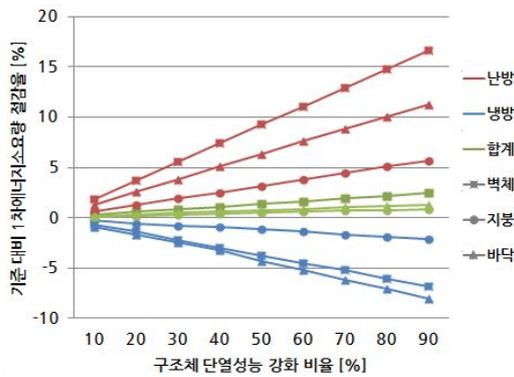


Fig. 3 Energy saving ratio related the thermal insulation performance of structure

게 나타났다. 벽체의 경우 단열성능을 90% 강화하여 난방 1차E소요량이 최대 16.59% 절감되었으나 냉방 1차E소요량이 최대 6.88% 증가하여 합계 1차E소요량 절감율은 2.46%로 합계 1차E소요량 저감효과는 크지 않은 것으로 나타났다. 지붕, 바닥의 경우 또한 난방 1차E소요량은 절감되나 냉방 1차 E소요량이 증가하여 합계 1차E소요량의 저감효과는 크지 않은 유사한 양상을 보였다.

4.2 창호 단열성능에 따른 1차E소요량 분석

창호성능에 따른 난방, 냉방, 합계의 1차E소요량은 Table. 9와 같다. 창호 단열성능을 강화할수록 난방 1차E소요량이 감소하고 냉

Table. 9 Primary energy consumption and saving ratio related the window thermal insulation performance

성능 강화비율	난방	냉방	합계	절감율
	1차E소요량	1차E소요량	1차E소요량	
기준	48.59	28.79	247.23	-
10%	46.53	29.73	246.11	0.45
20%	44.49	30.71	245.05	0.88
30%	42.51	31.79	244.15	1.25
40%	40.60	32.95	243.40	1.55
50%	38.75	34.20	242.80	1.79
60%	36.97	35.55	242.37	1.97
70%	35.29	37.04	242.18	2.04
80%	33.68	38.68	242.21	2.03
90%	32.18	40.43	242.46	1.93

방 1차E소요량이 증가하였다. 또한 창호 단열성능이 강화함에 따라 난방 1차E소요량 절감폭이 감소하는 반면 냉방 1차E소요량 증가폭이 증가하여 합계 1차E소요량의 경우 소폭 감소하다 다시 증가하는 추세를 보였다. 창호 단열성능을 90% 강화한 경우 난방 1차E소요량이 최대 33.77% 절감되었고 냉방 1차E소요량이 최대 40.43% 증가하여 합계 1차E소요량이 1.93% 절감되었다. 합계 1차E소요량 절감율이 가장 큰 경우는 창호 단열성능을 70% 강화한 경우로 2.04%의 저감효과를 나타냈다.

4.3 창호 차폐성능에 따른 1차E소요량 분석

앞의 결과를 통해 업무용 건축물의 경우

단열성능 향상에 따라 냉방 부하가 크게 증가하여 함께 1차E소요량 저감효과는 크지 않음을 알 수 있었다. 이처럼 업무용 건물의 경우 용도특성상 냉방부하 저감을 위한 적절한 방안이 함께 요구되며, 이에 본 연구에서는 냉방부하 저감 방안으로 창호의 차폐성능을 강화하여 1차E소요량 및 저감효과를 추가적으로 분석하였다. 창호 차폐계수는 0.9를 기준으로 10%씩 강화하여 적용하였으며, 창호 차폐성능에 따른 난방, 냉방, 합계의 1차E소요량 및 절감율은 Table. 10과 같다.

Table. 10 Primary energy consumption and saving ratio related shielding performance of the window

성능 강화비율	난방	냉방	합계	
	1차E소요량	1차E소요량	1차E소요량	절감율
기준	39.81	48.57	258.23	-
10%	41.54	43.30	254.69	1.37
20%	43.47	38.50	251.82	2.48
30%	45.63	34.00	249.48	3.39
40%	48.08	29.67	247.60	4.12
50%	50.81	25.60	246.26	4.64
60%	53.88	21.91	245.64	4.88
70%	57.34	18.40	245.59	4.89
80%	61.24	15.26	246.35	4.60
90%	65.55	12.50	247.90	4.00

창호의 차폐성능을 강화할수록 난방 1차E소요량이 증가하고 냉방 1차E소요량이 감소하였으며, 난방 1차E소요량 증가폭이 증가하고 냉방 1차E소요량 절감폭이 감소하여 함께 1차E소요량이 감소하다 다시 증가하는 것으로 나타났다. 창호의 차폐성능을 90% 강화한 경우, 난방 1차E소요량이 최대 64.66% 증가하고 냉방 1차E소요량이 최대 74.26% 감소하여 함께 1차E소요량이 4.00% 감소하였다. 함께 1차E소요량 절감율이 가장 큰 경우는 창호의 차폐성능을 70% 강화한 경우로 4.89%의 저감효과를 나타냈다.

5. 결 론

본 연구에서는 소규모 업무용 건물의 에너지효율등급 인증사례의 인증현황을 분석하고 인증제도의 평가 프로그램을 사용하여 외피 성능에 따른 1차E소요량과 절감율을 분석하였다.

소규모 업무용 건축물의 경우 외피 단열성능 강화에 따른 난방 1차E소요량 저감효과는 있으나 일사 및 실내 발열로 인한 냉방 1차E소요량이 크게 증가하여 함께 1차E소요량 저감효과는 크지 않은 것으로 나타났다.

창호 차폐성능 강화에 따른 함께 1차E소요량이 최대 4.89% 절감되었으며, 외피 단열성능에 비해 창호 차폐성능에 의한 1차E소요량 저감효과가 더욱 높은 것으로 나타났다.

이처럼 소규모 업무용 건축물은 외피의 단열과 더불어 냉방부하 저감을 위한 적절한 방안이 함께 고려되어야 하며, 추후 업무용 건축물의 냉방부하 저감을 위한 방안 및 에너지 저감효과에 대한 추가적인 연구가 이루어질 필요가 있다.

References

1. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Certification Regulations of Building Energy Efficiency Rating System, 2009
2. Kim, J. Y., The Overview and Status of Building Energy Efficiency Rating System, Proceeding of the SAREK, Vol. 39, No. 10, pp. 11~18, 2010.
3. Song, S. W., A Study on Improving the Building Energy Performance Rating of a Public Office Building Using a Dynamic Energy Simulation Program, Architectural Institute of Korea, Vol. 27, No. 11, pp. 381~391, 2011.