KIEAE Journal, Vol. 18, No. 2, Apr. 2018, pp.55-60.

KIEAE Journal

Korea Institute of Ecological Architecture and Environment

90

사례분석을 통한 제로에너지 건축물 인증 등급별 설계 요소와 공사비 분석

Design Factors and Initial Cost by Zero Energy Building Rating Systems through Case Study

김미연* · 김형근** · 홍구표***
Kim, Mi-Yeon* · Kim, Hyung-Geun** · Hong, Goopyo***

* SH Urban Research Center, Seoul Housing & Communities Corporation, South Korea (miyeon8377@i-sh.co.kr)
** Coauthor, SH Urban Research Center, Seoul Housing & Communities Corporation, South Korea
*** Corresponding author, SH Urban Research Center, Seoul Housing & Communities Corporation, South Korea (goopyoh@i-sh.co.kr)

ABSTRACT

Purpose: The purpose of the present study was to analyze design factors for energy conservation and the initial cost for zero energy building rating systems through case studies. **Method:** First, design factors for energy conservation were selected and these were referred the building energy saving design standard. These were insulation of wall, roof, and floor, thermal property of door and window, high-efficient mechanical ventilation and the installation ratio of LED. There were three levels for energy saving strategies. Level 1 was the building energy code and level 2 was the future energy code which will implement from Sep. 1, 2018. In the level 3, about 20% of thermal performance was better than level 2. Second, the primary energy consumption of the case study by level was analyzed by using ECO2. Lastly, the energy self-sufficiency ratio of zero energy building rating systems was computed by considering renewable energy systems and the cost of them was also calculated. **Result:** The primary energy reduction ratio by thermal performance of wall, roof, and floor and window and door was 2%-3% and about 3%, respectively. By designing the mechanical ventilation and the installation of LED, the energy reduction were about 8% and 9%. To certify the zero energy building 5 rating system, the cost of renewable energy was about 35,000 KRW per square meter. For future research, development of applicable renewable energy systems in each unit of multi-family residential buildings is needed.

ⓒ 2018 KIEAE Journal

KEYWORD

제로에너지
신재생에너지
에너지 자립률

Zero Energy
Renewable Energy
Energy Self-Sufficiency Ratio

ACCEPTANCE INFO

Received Mar 16, 2018
Final revision received Apr 9, 2018
Accepted Apr 14, 2018

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

정부는 2020년까지는 공공부문 건물에서, 2025년에는 민간부문 건물분야에서 제로에너지를 의무화 하는 방안을 발표하였다 [1]. 이를 실행하기 위해 실증 R&D, 시범사업 등이 진행되었고, 활성화를 위한 정책이 추진 중에 있다[2]. 2017년 1월부터 제로에너지건축물 인증이 시행되었으며 [3], 시장형 공기업이 건물을 신축하거나 별동으로 증축하는 경우에는 제로에너지건축물 인증을 취득하도록 의무화 하였다 [4]. 제로에너지건축물 인증 평가기준은 건축물에너지효율등급 1++이상을 획득하고, 건물에너지관리시스템이나 전자식 원격검침계량기 등 에너지 모니터링시스템이 설치된 건축물을 대상으로 신재생에너지 자립률에 따라 5개 등급으로 분류하여 평가한다 [5]. 이 인증제도는 그간 애매했던 제로에너지건물의 정의를 에너지 자립률이라는 정량적 지표로 구분하여 나타냄으로써 다양한 이해관계자인 수요자, 공급자, 정책관리자의 혼란을 줄이고 의무화 정책을 실현하는 계기가 되었다. 하지만 건축물에너지효율등급 1++등급 이상을 인증받기 위한 에너지 절감방안에 대한 요소기술의 가이드라인은 마련되지 않은 실정이다. 아울러 일반 건물에 비해 패시브 설계요소의 추가자재, 고효율설비, 그리고 신재생에너지 시스템 적용에 의한 공사비 상승은 제로에너지빌딩이 해결해야 할 부분이며 경제성이 확보된 보급형 제로에너지의 다양한 모델 개발이 필요하다 [6]. 이와 같이 제로에너지 건축이 제도상 시작된 시점에서, 공동주택의 제로에너지 달성은 가능 한 것인지, 이에 대한 추가 공사비와 문제점은 무엇인지 살펴볼 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 공동주택을 대상으로 제로에너지건축물 등급별 인증을 위한 설계요소와 이에 대한 에너지 절감률, 신재생에너지 설치를 통한 자립률과 공사비 분석을 검토하고자 한다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

설계가 진행 중인 3개의 공동주택 단지를 대상으로 3단계의 에너지절약 설계 수준의 1차에너지 소요량을 검토하였다. 에너지 절약 설계요소는 구조체인 외벽, 최상층 지붕, 최하층 바닥의 단열성능과, 창호와 현관문의 단열성능, 고효율 환기설비 적용, LED 조명설치 비율이며 단계별(LEVEL) 정량적 성능 값과 전체 연구 흐름을 Fig. 1에 나타내었다. 먼저 각 단계에 따른 요소별 1

pISSN 2288-968X, eISSN 2288-9698
http://dx.doi.org/10.12813/kieae.2018.18.2.055

차에너지 소요량을 파악하고, 요소별 에너지 절감률을 분석한다. 에너지 절약 설계 요소를 복합 적용한 각 단지의 1차에너지 소요량을 파악한다. 단지별 적용 가능한 신재생에너지 시스템 선정 및 용량을 산정하고, 에너지 자립률 검토를 하여 제로에너지 건축물 인증등급별 신재생에너지 시스템 설치비용을 산정한다. 이때 사용한 프로그램은 건축물에너지효율등급과 제로에너지 건축물인증을 평가하는 ECO2 프로그램을 이용하였다. Fig. 1에서 3단계 설계요소의 선정은 현재 법규의 에너지절약설계기준이 1단계(LEVEL 1), 2018년 9월 1일 시행되는 패시브 수준의 에너지절약설계기준을 2단계(LEVEL 2), 2단계보다 단열성능 및 요소의 성능을 약 20%이상 강화한 3단계(LEVEL 3)로 구분하였다. 본 연구에서 신재생에너지는 공동주택 세대에서 적용한다는 것을 전제로 검토하였다.

기존 연구 문헌들을 살펴본 결과 [7], 공동주택 에너지 자립을 위해 신재생에너지 적용 방안을 분석하였으며 이때 캐나다에서 개발한 RETScreen을 이용하여 ECO2활용과는 다르며 생산량과 자립률 산정방식도 다른 것을 알 수 있다.

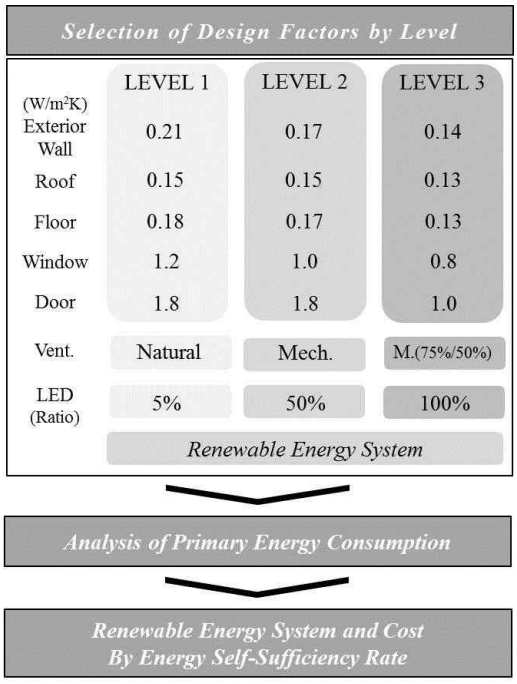


Fig. 1. Flow of research methodology

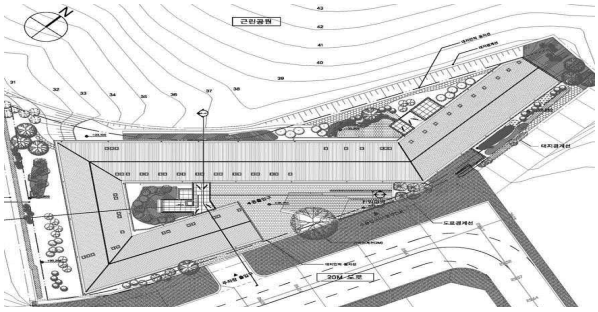
2. 사례분석 건물 소개 및 신재생 에너지시스템 선정 검토

2.1. 대상건물

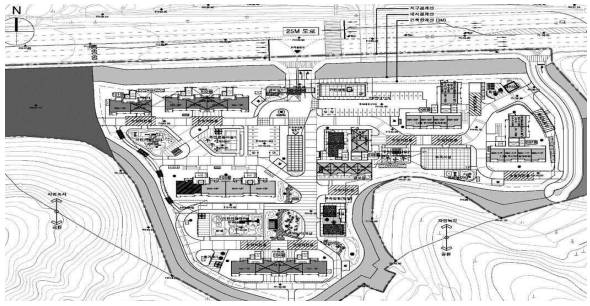
대상건물은 서울에 위치하고 있는 공동주택 3개단지이며, Table 1과 Fig. 2와 같이 대상단지의 위치, 대지면적, 건축면적, 건폐율, 연면적, 세대수, 평형타입, 건물의 향과 단지 배치를 나타내었다. A단지의 경우 1개동에 소형 평형 138세대로 이루어져있고, B와 C단지는 560세대와 1,170세대로 계획되어 있다. 3개의 단지는 2018년 9월 이전에 시행되는 건축물 에너지절약설계기준으로 설계되었으며, 이 기준을 근거로 단열성능과 LED 조명 설치비율을 1단계 요소 값으로 설정하였다. 대상 단지는 '서울시 녹색건축물 설계기준'을 준수해야 되며[8], 이 기준은 적용대상을 규모별로 등급을 구분하고 있다. 즉 1,000세대 이상을 가등급, 300세대 이상을 나등급, 30세대 이상을 다등급, 30세대 미만은 라등급으로 구분하였다. 본 연구에서는 가, 나, 다 등급 각각 1개단지를 선정하여 규모별 에너지 절감률과 에너지자급률을 고려한 신재생에너지 시스템 용량과 비용을 분석하였다.

Table 1. Introduction of case study

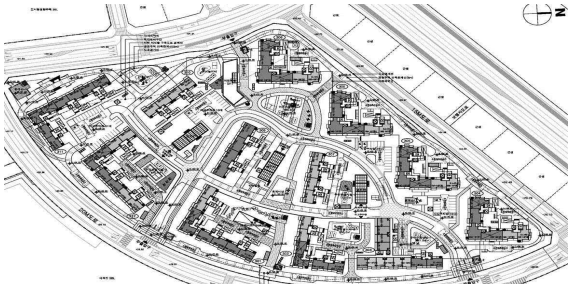
Complex	A	B	C
Location	Guro	Sinjung-dong	Hangdong
Site area (㎡)	3,321	21,730	50,079
Building area	1,505	4,510	10,568
Building coverage ratio	45.33%	20.76%	21.10%
Gross floor area (㎡)	10,149	64,694	158,655
Floor	B2F~5F	B1F~20F	B2F~18F
Units	138	560	1,170
Type	19㎡, 22㎡, 31㎡, 33㎡, 40㎡	39㎡, 49㎡, 59㎡, 74㎡, 84㎡	39㎡, 49㎡, 59㎡, 74㎡, 84㎡



(a) A Complex



(b) B Complex



(c) C Complex

Figure 2. Plan of case study

2.2. 에너지 자립률 산정을 위한 대상단지별 신재생에너지시스템 적용 분석

제로에너지 건물, 저 에너지 건물을 계획하기 위해서는 패시브 설계는 기본이며 에너지를 생산할 수 있는 신재생에너지 시스템의 설치가 필요하다. 본 연구에서 검토하려는 제로에너지 건축물 인증제도에서의 에너지 자립률은 단위면적당 신재생에너지 생산량과 단위면적당 1차에너지 소비량의 관계로 이루어져 있다. 여기서 1차에너지 소비량은 1차에너지 소요량과 신재생에너지 생산량을 합한 것을 의미한다.

공동주택에 있어서 신재생에너지 설치는 일정부분의 공간과 면적을 차지하게 되어 에너지 생산량을 무한히 늘릴 수 없으며 [9] 단지별, 주동별 설치 검토가 이루어져야 한다. 대상단지에 대한 적용 가능한 신재생 에너지는 먼저 태양광 시스템이 있다. 이 태양광의 종류는 미니 태양광(mini-PV), 옥상태양광(PV), 벽면에 설치할 수 있는 BIPV가 있다. 미니태양광은 각 세대 발코니에 설치하며 세대당 250W 용량을 산정하는 것으로 설정하였다. 옥상태양광은 7㎡당 1kW를 설치하며, 전체 옥상면적의 70%를 설치할 수 있는 것으로 하였다. 주동 외벽에 설치하는 BIPV는 북향을 제외하고 각 방위별 설치가 가능하며 벽면면적으로 산정하였다. 지열(Geothermal Energy System, GES)은 대지면적의 50%를 설치할 수 있는 것으로 하였으며 4RT 생산하는데 25㎡면적을 차지하는 것으로 산출하였다. 태양열(Solar Thermal Energy, STE) 설치면적도 옥상면적의 70%로 산정하였다. 이때 옥상에 설치 할 수 있는 태양광 또는 태양열은 경제성을 고려하여 선택하는 것으로 결정하였다. 대상단지의 대지면적, 옥상면적, 세대수, 주동의 벽면면적을 통해 지열, 태양광, 태양열에 설치 가능한 용량, 비용과 1차에너지 절감량을 산정하였으며 Table 2에 나타내었다. 1차에너지 절감량은 LEVEL 3 수준에서 각각의 신재생에너지 시스템을 선정하여 ECO2 프로그램을 통해 확인하였다.

A단지의 경우 소형 태양광은 세대 전체 설치를 할 경우 34.5kW 용량이 생산되며, 태양광은 127.7kW, BIPV는 각 방위별 용량을 합한 값이 132kW 생산되는 것으로 나타났다. 또한 태양열 89.4kW와 지열은 266RT 에너지가 공급될 수 있다. 여기서 옥상에 설치할 수 있는 시스템은 태양광과 태양열이므로 2개 시스템 중 하나를 선택해야 하며 이는 경제성과 에너지 절감량의 고려가 필요하다. Table 2와 같이 각각의 신재생에너지시스템을 적용하여 1차에너지 절감량과 설치비용을 확인한 결과 미니태양광, 옥상태양광, BIPV, 태양열, 지열 순으로 비용대비 1차에너지 소요량 절감률이 높게 나타나는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 에너지 절감률이 높은 순으로 신재생 에너지 시스템을 선정하고 적용하였다.

제로에너지 건축물인증을 위해 사용되는 ECO2 프로그램과 다르게 서울시 녹색건축 설계기준에서는 신재생에너지 공급비율을 사용한다. 이 공급비율의 산정기준은 신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 규정 [10]에 나타나 있으며, 대상 단지별 신재생에너지 공급비율을 산정한 결과는 Fig. 3과 같다. 벽면에 설치하는 BIPV가 가장 높은 공급비율을 나타내는 것을 알 수 있다. 이는 산정방식에 있어서 원별보정계수가 다른 신재생에너지 시스템에 비해 약 4배 이상 높기 때문에 차이가 발생하는 것으로 나타났다. A 단지의 경우 입면에 설치할 수 있는 BIPV의 면적이 작아서 태양열 시스템의 공급비율이 더욱 높게 나타났다. 비용의 고려 없이 공급의무 비율만을 고려할 경우, BIPV, 태양열, 지열, 태양광 순으로 고려하면 되는 것으로 분석되었다. A단지는 신재생에너지 시스템을 모두 적용한 경우 최대 55% 공급이 가능하고 B와 C단지는 각각 73%와 62%의 최대 공급비율이 가능한 것을 알 수 있다.

이와 같이 신재생에너지 시스템 설치를 위해서는 ECO2와 신재생에너지 설비지원등의 관한 규정의 공급비율을 분석하여 경제성을 비교해야 하며 인증 및 기준에 맞게 시스템 선정을 고려해야 한다.

Table. 2 Capacity of renewable energy systems by building residential complex

Residential complex		A	B	C
mini-PV	Units	138	560	1,170
	Power (kW)	34.5	140	292.5
	Cost(KRW)	91M	370M	772M
	Saving(kWh/㎡)	14.3	11.4	9.3
PV	Roof area (㎡)	894	1,965	4,707
	Power (kW)	127.7	280.8	672.4
	Cost(KRW)	635M	1,396M	3,343M
	Saving(kWh/㎡)	65.0	29.2	27.3
BIPV	Wall area (㎡)	1,322	16,653	33,038
	Power (kW)	132	1,665	3,304
	Cost(KRW)	1,262M	15,905M	31,563M
	Saving(kWh/㎡)	66.8	129	90.8
STE	Domestic Hot Water (kW)	89.4	196.5	470.7
	Cost(KRW)	905M	1,988M	4,763M
	Saving(kWh/㎡)	13.6	19.3	13.1
GES	Site area(㎡)	3,321	21,730	50,079
	RT	266	1,712	4,006
	Cost(KRW)	1,178M	7,593M	17,767M
	Saving(kWh/㎡)	9.8	7.3	7.2

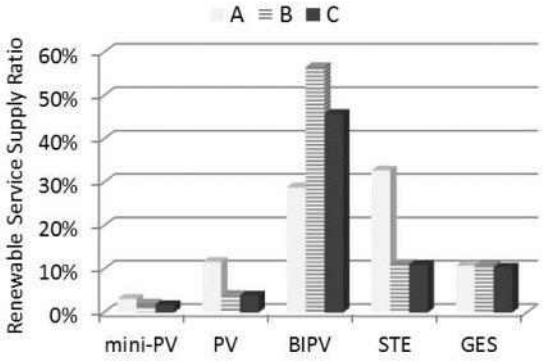


Fig. 3. Applicable renewable energy system and supply ratio by building residential complex

3. 설계요소에 따른 에너지 절감률 및 에너지 자립률에 따른 신재생 에너지 분석

3.1. 에너지 절약 설계요소 반영에 따른 에너지 절감률

3개의 대상단지에 에너지 절약 설계요소를 모두 적용시킨 단계별 1차에너지 소요량은 Fig. 4와 같다. LEVEL 1수준인 경우 A단지의 1차에너지 소요량은 153.5kW/㎡.y로 건축물에너지효율등급 2등급에 해당된다. 이 A단지를 LEVEL 3수준으로 설계할 경우 약 12%정도 1차에너지 소요량이 감소하며 에너지효율등급 1등급이 되는 것을 알 수 있다. B와 C단지의 경우 LEVEL 1의 설계 수준에서는 각각 148kW/㎡.y과 157kW/㎡.y로 나타났다. 따라서 현재 에너지절약설계기준을 준수하면 2등급 또는 1등급을 인증 받는 것이 가능한 것을 알 수 있다. LEVEL 1수준에서 LEVEL 3 수준으로 성능을 향상시킬 경우 1차에너지 소요량이 약 12%~20% 절감되며, 1등급 상승하는 것으로 나타났다. 즉, A, B, C단지 확인결과 LEVEL 3 수준을 설계에 반영하면 1등급 또는 1+등급을 받을 수 있는 것으로 분석되었다. 하지만 제로에너지 건축물 인증 요구 조건인 1++등급에는 미치지 못하고 있어서 에너지 절약 설계요소 추가 검토 및 신재생에너지를 설치해야 함을 알 수 있다.

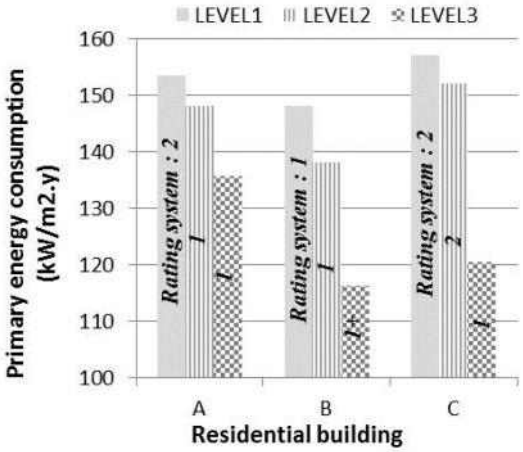


Fig. 4. Primary energy consumption by Level for energy conservation

각 단지의 LEVEL 1의 1차에너지 소요량을 기준으로 에너지 절약 설계 요소를 각각 적용하여 1차에너지 소요량 및 에너지 소요량 절감률을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 구조체의 단열성능을 LEVEL 2 수준으로 설계 시 1차에너지 소요량 절감률은 약 0.3%~1.1% 이며, LEVEL 3 수준으로 설계 시 LEVEL 1 보다 약 1.9%~3.0% 감소하는 것으로 나타났다. 창호와 현관문의 경우 LEVEL 3 수준으로는 약 2.8%~3.4%정도 1차에너지 소요량을 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 창호의 LEVEL 3 수준은 열관류율이 0.8W/㎡.K으로 현재 최고의 기술 수준이다. 환기장치의 경우 난방 열교환 효율을 75%, 냉방효율을 50%로 설정하여 시뮬레이션 한 결과 약 8%까지 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 기계환기 시스템의 경우 A단지가 B와 C단지에 비해 절감률이 작은 것은 A단지의 경우 세대면적이 40㎡이하로 소형세대로 구성되어서 환기팬의 동력소비도 세대 에너지소요량에 영향을 크게 미친 것으로 판단된다. LED 조명설치비율을 100%로 한 LEVEL 3 수준의 경우 5.6%~9.0%까지 감소되는 것을 알 수 있다. 즉 LEVEL 3 수준의 설계 적용 이후에는 신재생 에너지 검토가 고려되어야 하는 것을 알 수 있다.

Table 3. Primary energy and energy saving ratio by design factors

Design factors	LEVEL	A (kWh/㎡y)	B (kWh/㎡y)	C (kWh/㎡y)
Base	**1**	**153.5**	**148.1**	**157.2**
Insulation	2	153.1 (0.3%)	146.5 (1.1%)	156.2 (0.6%)
	3	150.6 (1.9%)	143.6 (3.0%)	154.0 (2.0%)
Window & Door	2	151.6 (1.2%)	145.9 (1.5%)	155.4 (1.1%)
	3	148.3 (3.4%)	143.9 (2.8%)	152.7 (2.9%)
Mechanical Ventilation	3	150.9 (1.7%)	136.9 (7.6%)	144.1 (8.3%)
LED	2	150.6 (1.9%)	142.0 (4.1%)	155.0 (1.4%)
	3	144.9 (5.6%)	135.2 (8.7%)	143.1 (9.0%)

Table 4. Energy self-sufficiency ratio and primary energy consumption by considering obligatory renewable energy supply ratio

Residential Complex		A	B	C
Renewable energy service supply ratio		4.0%	4.5%	5.0%
Renewable energy	mini-PV (kW)	34.5	140.0	292.5
	PV(kW)	41.0	280.8	672.4
	BIPV (kW)	-	50	171
Energy self-sufficiency ratio		22.5%	38.4%	34.8%
Primary energy consumption (kW/㎡.y)		94.5	71.7	78.6
Building energy rating system		1+	1++	1++
Zero energy building rating system		Not certified	5	5

3.2. 신재생에너지 시스템 적용에 따른 1차에너지 소요량과 자립률

대상단지에 신재생에너지 시스템을 적용 할 경우 1차에너지 소요량 및 각 등급별 자립률을 살펴보았다. 먼저, LEVEL 3 수준에서 서울시 신재생에너지 의무설치비율을 적용한 결과에 대해 Table 4에 나타내었다. 서울시 녹색건축물 설계기준에 의해 공동주택 규모에 따라 신재생에너지 설치 비율이 달라지며 A단지의 경우 4%이상, B와 C는 각각 4.5%와 5%이상을 의무 이행하는 것을 고려하였다. A단지는 신재생 에너지 시스템 중 세대에 설치하는 미니 태양광 34.5kW, 옥상 설치 태양광 41kW를 설치하면 서울시 의무이행비율 4%를 달성하는 것으로 나타났다. 이때 에너지 자립률은 22.5%로 제로에너지건축물 인증 5등급을 만족하지만, 1차에너지 소요량이 94.5kW/㎡.y로 건축물 에너지 효율 1++등급을 만족하지 못하여 추가 신재생에너지 설치가 필요한 것을 알 수 있다. B단지와 C단지는 신재생에너지 의무설

치비율을 적용할 경우 제로에너지 건축물 인증 5등급을 만족하는 것으로 나타났다. 즉, LEVEL 3 수준의 설계를 적용 한 후 신재생에너지 의무 설치 비율 또는 1% 이상 추가 할 경우, 제로에너지 인증 5등급을 획득할 수 있는 것으로 나타났다.

4. 제로에너지 건축물 인증 등급별 비용 분석

각 단지에 대한 제로에너지건축물 인증등급별 신재생에너지 시스템 용량과 이에 대한 비용을 Table 5에 나타내었다. 이때 Table 2에서 검토한 신재생에너지 시스템 생산량과 비용대비 1차에너지 소요량 절감률이 높은 시스템부터 적용하였다. A 단지의 경우 건축물에너지효율등급 1++를 만족하기 위해서 Table 4에서 적용한 미니태양광 34.5kW와 옥상 태양광 41kW에 추가로 옥상 태양과 9kW를 설치한 결과 에너지 자립률은 25.5%로 산정되어 제로에너지 건축물 5등급 인증을 획득하였다. 즉, A단지에서 5등급을 인증 받으려면 미니태양광 91백만원과 옥상태양광 248백만원인 약 3억 4천만원 발생되는 것으로 나타났다(Table 5). B와 C 단지의 경우 5등급을 인증받기 위해서는 LEVEL 3수준에서 서울시 신재생에너지 의무설치비율을 이행하면 인증을 획득할 수 있는 것으로 나타났다. 이때 신재생에너지는 미니 태양광과 옥상태양광 그리고 BIPV도 일부 설치되어야 하는 것으로 나타났으며, 벽면에 BIPV 추가 설치를 통해 제로에너지 건물 1등급까지 인증을 받을 수 있는 것으로 검토되었다. 다만, A단지의 경우는 BIPV 시스템을 북측 제외한 설치 가능한 면적에 모두 적용하고, 추가로 지열시스템을 적용해야 1등급 인증을 받는 것으로 나타났다.

공동주택에서도 제로에너지 건축물 인증 1등급이 가능하며 이는 태양광과 지열의 적용으로 검토되었다. 제로에너지 건축물 인증을 위해 면적대비 설치비용을 산정하여 Fig. 5에 나타내었다. 5등급을 인증받기 위해 면적당 약 34천원에서 36천원의 신재생에너지 시스템 설치비용이 발생하였다. 각 단지별 1등급을 인증받기 위해서는 면적당 약 200천원의 비용이 발생하는 것으로 나타났다.

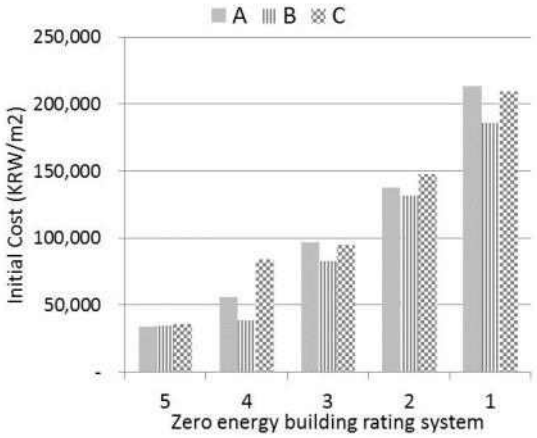


Fig. 5. Initial cost for zero energy building rating system

5. 결론

본 연구는 공동주택을 대상으로 제로에너지 건축물 인증을 획득하기 위한 에너지 절약 설계요소 검토와 신재생에너지 설치를 통한 자립률과 공사비를 분석 하였으며 결론은 다음과 같다.

- 에너지절약 설계요소별 에너지 절감률을 나타 낸 결과, 구조체의 단열성능은 2~3%, 창호와 현관문의 단열 성능 향상으로 인해 약 3% 까지 절감 되었다. 고효율 환기장치 적용으로는 약 8%, LED 100% 설치 시 약 9%까지 1차에너지 소요량이 절감되는 것으로 분석되었다.
- 현재 법규를 만족하는 에너지 절약설계 수준 시 건물에너지 효율등급은 2등급 또는 1등급을 획득 할 수 있으며, 성능과

Table 5. Renewable energy systems and initial cost for zero energy building rating system by building residential complex

Zero energy building rating system		A				B			C		
		mini-PV	PV	BIPV	GES	mini-PV	PV	BIPV	mini-PV	PV	BIPV
5	Power(kW)	34.5	50.0	-	-	140.0	280.8	50.0	292.5	672.4	171.0
	Initial cost (KRW)	91.1M	248.6M			369.6M	1,396M	477.7M	772.2M	3,343M	1,634M
	Self ratio	25.5%				38.4%			34.8%		
4	Power(kW)	34.5	95.0	-	-	140.0	280.8	80.0	292.5	672.4	748.5
	Initial cost (KRW)	91.1M	472.3M			369.6M	1,396M	764.2M	772.2M	3,343M	9,252M
	Self ratio	40.1%				40.6%			40.5%		
3	Power(kW)	34.5	127.7	26.0	-	140.0	280.8	423.7	292.5	672.4	1150.0
	Initial cost (KRW)	91.1M	635.0M	248.4M		369.6M	1,396M	3,619M	772.2M	3,343M	10,985M
	Self ratio	60.3%				61.5%			60.4%		
2	Power(kW)	34.5	127.7	80.0	-	140.0	280.8	708.8	292.5	672.4	1920.9
	Initial cost (KRW)	91.1M	635.0M	764.2M		369.6M	1,396M	6,771M	772.2M	3,343M	18,350M
	Self ratio	80.1%				80.3%			80.3%		
1	Power(kW)	34.5	127.7	132.0	256.0	140.0	280.8	1,079.2	292.5	672.4	3051.1
	Initial cost (KRW)	91.1M	635.0M	1,261M	323.4M	369.6M	1,396M	10,310M	772.2M	3,343M	29,147M
	Self ratio	103.3%				100.8%			100.6%		

ⓒCopyright Korea Institute of Ecological Architecture and Environment

기술수준이 높은 LEVEL 3로 설계하여도 1등급 또는 1+등급으로 검토되어 제로에너지 건축물 인증 조건인 1++등급을 충족하기 위해서는 신재생에너지를 적용해야 하는 것으로 나타났다.

- 사례분석을 통해 공동주택에 적용 가능한 신재생에너지 시스템을 검토하였으며, 설치 비용대비 1차에너지 소요량 절감율이 큰 것은 태양광, 태양열, 지열 시스템 순으로 나타났다.
- 검토 된 신재생에너지를 공동주택에 적용할 경우 에너지 자립률이 100%까지도 가능한 것으로 분석되어 제로에너지 5등급부터 1등급까지 획득 할 수 있게 되었다. 제로에너지 건축물 인증 1등급을 획득하기 위해서는 미니 태양광, 옥상 태양광, BIPV 설치가 필요하며, 일부 단지에서는 지열 시스템을 추가 설치해야 인증 획득이 가능하였다.
- 제로에너지 건축물 인증 5등급을 획득하기 위해서는 신재생 에너지 설치 비용이 면적당 약 35천원정도 발생하며, 1등급 인증을 위해서는 면적당 200천원의 비용이 발생하는 것으로 분석되었다.

본 연구를 통해 제로에너지 건축물 인증 시 사업성 검토의 기초 자료로 활용이 가능할 것으로 판단된다. 아울러 패시브 설계 요소를 통한 1차에너지 소요량 산정과 단열재 두께와 고효율 창호등의 요소에 따른 에너지 절감량의 한계를 확인 할 수 있었다.

본 연구에서는 신재생에너지를 각 세대에 적용한다는 가정하에 연구가 진행되었다. 따라서 제로에너지 건축물로 설계 및 시공하기 위해서는 신재생 에너지 시스템을 세대에서 활용할 수 있는 방안의 추후 연구가 필요하다. 또한 진정한 제로에너지 건축물(net zero energy)을 계획하기 위해서는 건물에서 활용 가능한 신재생 에너지 시스템 개발이 더욱 필요하다.

Acknowledgement

본 연구는 국토교통부 도시건축 연구개발사업의 연구비지원(17AUDP-B067603-05)에 의해 수행되었습니다.

Reference

[1] 국토교통부 보도자료, 선도형 제로에너지빌딩 조기 활성화 방안 마련, 2014.7

[2] 김한기, 제로에너지 시대를 준비하며, 대한건축학회지, 제 61권, 제 8호, 통권 459호, 2017, pp.4-5 // (Kim, Hankee, To be Ready for the Zero Energy World, Review of Architecture and Building Science, Vol.61, No.8, Serial No.459, 2017, pp.4-5)

[3] 건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증에 관한 규칙, 국토교통부령 제399호, 2017 // (Regulations on Building Energy Efficiency Rating and Zero Energy Building Certification , 2017, Notification No.399 of Ministory of Land, Infrastructure and Transport)

[4] 공공기관 에너지이용 합리화 추진에 관한 규정, 산업통상자원부 고시 제2017-13호, 2017 // (Regulation on the Rationalization of Energy Use by Public Institution, Notification No.2017-13 of Ministry of Trade, Industry and Energy , 217)

[5] 김기태, 장문기, 송일학, 김성민, 건축물에너지효율등급 인증현황분석을 통한 에너지 자립률 고찰, 한국건축친환경설비학회 논문집, Vol.11, No.4, 2017, pp.331~341 // (Kim, Ki-Tae, Jang, Mun-Ki, Song, Il-Hak, Kim, Sung-Min, A Study on the Energy Self-sufficiency Rate Based on the Analysis of Building Energy Efficiency Rating System, Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, Vol.11, No.4, 2017, pp.331~341)

[6] 성욱주, 국내 제로에너지빌딩 기술현황 및 전망, 대한건축학회지, Vol.61, No.4, 2017, pp.13-16 // (Sung, Uk-Joo, A Review of Dmomestic Zero Energy Building Technology and Prospect, Review of Architecture and Building Science, Vol.61, No.4, 2017, pp.13-16)

[7] 강기남, 이정철, 이승원, 박민주, 아파트 에너지자립을 위한 재생에너지 적용 방안에 관한 연구, 대한설비공학회 학술발표논문, 2017, pp.661~664 // (Kang, Ki Nam, Lee, Jeung chul, Lee, Seung Won, Park, Min-Ju, Study on the Application plan of Renewable Energy for the Energy Self-Sufficiency of Apartment, HVAC Conference, 2017, pp.661~664)

[8] 서울특별시 녹색건축물 설계기준, 서울특별시고시 제2017-352호, 2017 // (Design codes for sustainable buildings in Seoul, Notification No.2017-352 of Seoul City)

[9] 정창헌, *PV시스템 적용 공동주택의 에너지 제로화를 위한 적정 건축규모 검토*, 한국건축친환경설비학회 논문집, 제 11권, 제 2호, 2017, pp.113-120 // (Cheong, Chang Heon, *Appropriate Size of a Net Zero-Energy Multi-Family Housing using PV system*, Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, Vol.11, No.2, 2017, pp.113-120)

[10] 신.재생에너지 설비의 지원등에 관한 규정, 산업통상자원부 고시 제2016-249호 // (Regulations on the Support, etc. of Renewable Energy Systems , Notification No.2016-249 of Ministry of Trade, Industry and Energy)