

공동주택단지에서의 태양에너지 시스템 적용에 관한 연구

정선미*, 정민희**, 박진철***, 이언구****

*코오롱건설(주) 기술연구소(sunmi_jung@hanmail.net), **중앙대학교 대학원 건축학과(mhloveu@hotmail.com),
중앙대학교 건축학과(jincpark@cau.ac.kr), *중앙대학교 건축학과(ekrhee@cau.ac.kr)

A Study on the Application of Solar Energy System in Apartment Complex

Jung, Sun-Mi*, Chung, Min-Hee**, Park, Jin-Chul***, Rhee, Eon-Ku****

*R&D Institute, KOLON E&C(sunmi_jung@hanmail.net),
**Dept. of Architecture, Graduate School, Chung-Ang University(mhloveu@hotmail.com),
***Dept. of Architecture, Chung-Ang University(jincpark@cau.ac.kr),
****Dept. of Architecture, Chung-Ang University(ekrhee@cau.ac.kr)

Abstract

In this study, through case studies, solar energy systems were coordinated with architectural plan elements and the others in apartment complex, and the energy performance was evaluated quantitatively through computer simulation PVSYSY and RETScreen.

As a results, in plan process of the application of solar energy systems in apartment complex, solar energy system should be considered as not only energy reducing technical element but also part of architectural plan element. And it must be considered with architectural plan elements, composition methods, energy storage methods, technical elements from the early basic plan stage.

Photovoltaic system was installed on the wall facing the south and rooftop. The energy ratio of electric load was shown to be 5.5%. The result showed 7.2% when adding it to shading device additionally, and 6.4% in case of putting extra translucent module on windows.

Active solar collecting system was applied on roof with the angle of 45. Maximum number of solar collector was 10 in a row, and the total solar collecting area was 915.00m². The energy ratio of domestic water heating load by active solar hot water system is shown to be 11.4%.

Keywords : 공동주택단지(Apartment Complex), 신재생에너지 시스템(Renewable Energy system), 태양광 시스템(Photovoltaic System), 태양열 시스템(Active Solar System)

1. 서 론

국제적으로 지구온난화와 기존 에너지원의 고갈문제가 사회적으로 대두되면서, 이를 해결하기 위해 새로운 청정 에너지원인 신재생에너지 시스템의 적용이 불가피해졌다. 이러한 문제를 해결하기 위해 건축분야에서의 신재생에너지 시스템의 적용이 매우 중요하다. 우리나라의 경우, 현재 건물 분야의 에너지 소비가 국가 총 에너지 소비의 약 24%를 차지하고 있으며, 이러한 에너지 소비 비중은 쾌적한 환경 추구하고 서비스업의 비중이 높아짐에 따라 점차 증가하는 추세에 있다. 이와 같이 건축분야의 에너지 소비 비율이 증가함에 따라 에너지 부족문제를 해결할 수 있는 청정에너지원으로써 신재생에너지의 역할이 두드러지며, 건축분야에서의 신재생에너지의 적용이 불가피한 실정이다.

단위 건물 차원에서 태양에너지의 기술 요소를 적용한 설계 사례 및 연구는 활발히 진행되고 있다. 그러나 단위 건물의 태양에너지 시스템의 적용은 생산된 에너지의 사용, 시설 유지 관리 등이 효율적으로 이루어지기 힘들다. 그러므로 태양에너지 시스템의 효율적인 활용을 위해 도시 차원에서의 태양에너지 시스템 적용에 대한 연구가 필요하다.

따라서, 본 연구는 도시 차원의 태양에너지 적용을 위한 예비조사로서, 기존 공동주택단지를 대상으로 태양에너지를 이용하기 위한 프로세스에 따라 시스템을 적용해봄으로써, 태양에너지 시스템을 건축설계요소로서 통합해가는 과정과, 적용 후의 개선된 점을 PVSYST 및 RETScreen 프로그램을 통해 정량적인 에너지 성능을 평가하는 것을 목적으로 한다.

2. 공동주택에서의 태양에너지 시스템 적용 프로세스

2.1 시스템 적용을 위한 고려요소

태양에너지 시스템을 공동주택단지에 적용하기 위해서는 건축 요소와 통합하여 계획하여야 한다. 건축 요소들은 시스템의 적용 가능성에서부터 시스템의 설치 위치, 규모, 각도와 같은 시스템 설계에 많은 영향을 미치게 된다.

이들 제반고려요소에 대한 세부적 관련항목을 구분해 보면 다음 표 1과 같다.

표 1. 태양에너지 시스템 적용을 위한 고려 요소

구 분		고려사항			
건축 계획	단지 계획	단지 위치 및 향			
		주변 건물이나 주동			
		단지 내 식생 및 조경			
		주차 위치와 면적			
	주동 계획	부지 내 보행자 도로			
		주동 형태와 향			
		규모(층수, 층고)			
		지붕 형태 및 향			
		엘리베이터 및 계단실 위치			
		입면 계획 요소 (발코니, 차양, 색상)			
기술	태양광	창 면적비 (남측 창 면적)			
		주동 입구의 위치와 형태			
		최적 설치 각도			
		음영			
		PV 모듈 온도와 발전성능의 문제			
	태양열	태양열	태양전지의 색상	일체화 수준	
			건물과의 조화성		모듈의 형태
			집열기의 최적 설치 각도		집열기의 크기
	축열조의 크기				

2.2 시스템 적용을 위한 계획 프로세스

단위 세대 건축 및 공동주택단지에 태양에너지 시스템을 적용하는 데 있어서 기존 설계 방법과 통합시키는 것이 중요하며, 따라서 계획 단계에서부터 통합적인 설계가 진행되어야 한다. 또한 시스템의 효과를 높이기 위해서는 건물의 부하를 최소화시킬 수 있는 계획 방법을 고려하여야 한다.

태양에너지 시스템이 에너지 절감의 기능뿐 아니라 건축 설계 요소의 일부로서 인식되어야 하며, 따라서 설계 초기 단계에서부터 단지계획, 주동계획 및 외관계획과 함께

고려하여야 한다. 또한, 이러한 통합적인 설계를 위하여 건축주와 거주자, 설계자, 환경 및 설비 기술자, 시공 기술자 간의 의견 교류 및 협력관계를 유지하여야 한다.

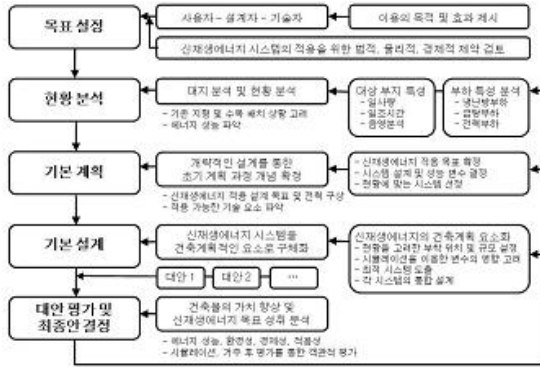


그림 3. 태양에너지 시스템 적용을 위한 프로세스

3. 공동주택단지에서의 태양에너지 시스템의 에너지 성능 평가

사례 연구 범위는 기본 설계 단계까지로 한정하고 시스템의 성능을 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 평가함으로써 시스템의 설계 전과 후의 공동주택단지의 에너지 성능 개선을 정량적으로 확인하였다.

3.1 목표 설정

공동주택단지 한 개를 선정하여 태양에너지 시스템을 최대한 적용할 수 있는 설계 방안을 제시하고자 하였다.

(1) BIPV 시스템의 적용 : 태양전지를 모듈화한 태양광시스템을 건축물에 통합하여 적용함으로써 전력 부하 일부를 담당

(2) 설비형 태양열시스템의 적용 : 옥상에 급탕용 태양열시스템을 적용하여 대상 주동의 급탕 부하를 담당

3.2 현황 분석

(1) 사례 단지의 선정 및 개요

실제 계획된 공동주택을 대상으로 제안된

프로세스에 따른 신재생에너지 적용에 관한 사례 분석을 실시하였다. 인천에 위치한 J구의 단지는 총 면적 113,934㎡이며 총 12동의 공동주택과 초등학교, 종교시설, 상업시설로 구성되어 있다.

표 2. 대상 단지의 구성(좌)과 배치도(우)

구분	건축면적	세대	단지 배치도
공동주택	39㎡	126	
	59㎡	313	
	67㎡	131	
	84㎡	692	
	117㎡	127	
	소계	1,389	
구분	연면적	개소	
학교	2,459㎡	2	
종교	6,804㎡	1	
상업	43,805㎡	11	

(2) 현황 분석

대상 단지의 태양에너지 적용을 위해 인천 지역의 기후데이터를 조사하였다. 인천은 동경 126°3', 북위 37°28'도에 위치하고 있으며 연간 총 일조시간은 2,186.9시간이다. 또한 연평균 일사량은 2.780kcal/㎡로, 인천지역 자료 부재로 인접지역인 서울의 데이터를 사용하였다. 인천의 풍향은 12월~3월은 서북서~북풍이 우세하며 5월~8월은 남남동~서남서풍이 우세한 것으로 나타났다. 또한 풍속은 평균 2.6m/s로 비교적 강한 바람이 부는 것으로 나타났다.

(3) 음영 분석

음영 분석은 Ecotect v5.50을 이용하여 대상 건물의 입면과 옥상면을 약 2m(가로)×3m(세로, 층고)의 셀로 나누어 하지, 춘추분, 동지의 절기 중 9시~17시까지 1시간 간격으로 면적의 50% 이상 음영이 지는 부위와 음영시간을 확인하여, 각 셀마다 가장 긴 음영시간을 산출하였다. 다음 표 3은 음영 분석의 예시이다.

표 3. 대상 단지의 음영 분석 예시

음영 분석	음영 시간		면적(m ²)
	0시간	-	
	1시간 미만	66.00	
	2시간 미만	1,002.00	
	3시간 미만	1,728.00	
	4시간 미만	-	
	소 계	2,796.00	

(4) 에너지 부하 예측

총 에너지 부하 예측은 「에너지사용계회협의제도 개선방안 연구용역보고서」, 대한주택공사의 「전기. 정보통신설계지침서」를 참고하여 토지 이용 구성비율에 따른 에너지 사용량의 패턴을 예측하였다. 패턴 조사 분석의 결과로서 단위 면적당 에너지 부하를 계산하였다. 다음 표 4는 산출된 단위 면적당 에너지 부하를 기초로 토지이용 구성 비율에 따라 사례 단지의 총 부하를 계산한 것이다.

표 4. 사례 단지의 총 부하 예측량

구분	공동주택	종교시설	초등학교	상업시설	합계	
전력 (MWh)	부하량	4,723	97	511	10,544	15,875
	부하율	30%	1%	3%	66%	100%
급탕 (Gcal)	부하량	3,844	4	37	381	4,266
	부하율	90%	0%	1%	9%	100%

3.3 기본 계획 및 설계

태양광 발전 시스템, 태양열 급탕 시스템을 적용 시스템으로 선정하였으며, 시스템 적용 방식을 계통연계형으로 제한하였다.

(1) 태양광 발전 시스템

태양광 발전 시스템의 적용범위는 건물의 음영분석을 통해 202~205동 및 초등학교의 벽면과 202~207동 및 초등학교의 옥상면으로 설정하였다. 설치한 시스템의 사양은 다음 표 5와 같다.

표 5. 태양광 발전 시스템의 적용 위치와 사양

위치	구성요소	시스템 사양	
		종류	Si-poly
입면 및 옥상 차양	PV 모듈	정격용량(Wp)	200
		개방전압(V)	53.0
		단락전류(A)	5.0
		정격전압(V)	43.6
		정격전류(A)	4.59
		크기(mm)	1,480×1,060×42
		무게(kg)	19.00
	축전지	정격전압(V/cell)	2.0
		정격용량(Ah)	100
		내부 저항(mΩ)	1.0
		쿨롱 효율(%)	97.0
		크기(mm)	173×408×230
	무게(kg)	32.00	
인버터	용량(kW)	3.0	
	정격전압(V)	230	
	주파수(Hz)	50	
	최대 효율(%)	94.0	
	크기(mm)	385×177×490	
	무게(kg)	44.0	

벽면에 설치하는 경우의 경사각과 방위각은 건물과 동일하게 설정하였고, 옥상에 설치하는 경우의 방위각은 0°(정남향)으로 설정하였으며, 경사각은 30°로 설정하였다. 차양을 설치할 경우 차양 역시 30°로 경사지게 설정하였다.

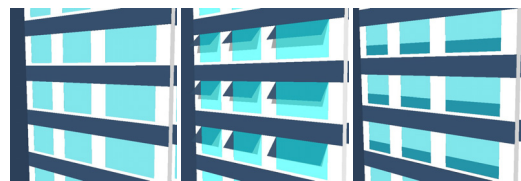


그림 4 벽 그림5 차양 장치 그림 6 창

PV 모듈의 설치 범위는 입면·옥상 모두 음영시간이 3시간 이하인 면적으로 제한하였으며, 입면의 경우 창과 베란다 창의 면적은 제외하였다. 다음 표 6은 대상 단지 내 PV 설치 면적을 정리한 것이다.

표 6 대상 단지 내 PV 설치 면적 (단위 : m²)

구분	PV 설치 면적(남측)			
	위치	방위각	면적	
202동	옥상	0°	86.57	
203동	벽면	기본	-49°	993.50
			49°	898.15
		기본 + 차양	-49°	993.50(벽)+722.83(차양)
			49°	898.15(벽)
		기본 + 창	-49°	993.50(벽)+351.91(창)
			49°	898.15(벽)
옥상	0°	86.57		
204동	벽면	기본	-49°	165.67
			49°	1,088.65
		기본 + 차양	-49°	165.67(벽)
			49°	1,088.65(벽)+475.23(차양)
		기본 + 창	-49°	165.67(벽)
			49°	1,088.65(벽)+237.71(창)
옥상	0°	86.57		
205동	벽면	기본	-49°	1,383.74
			49°	3,916.79
		기본 + 차양	-49°	1,383.74(벽)+839.38(차양)
			49°	3,916.79(벽)+551.88(차양)
		기본 + 창	-49°	1,383.74(벽)+419.69(창)
			49°	3,916.79(벽)+275.94(창)
옥상	0°	86.57		
206동	옥상	0°	177.66	
207동	옥상	0°	177.66	
학교	옥상	0°	1,159.58	
합계	벽면	기본	-49°	2,542.91
			49°	3,916.79
		기본 + 차양	-49°	2,542.91(벽)+1,562.21(차양)
			49°	3,916.79(벽)+1,027.11(차양)
		기본 + 창	-49°	2,542.91(벽)+771.60(창)
			49°	3,916.79(벽)+513.65(창)
옥상	0°	1,861.18		

(2) 태양열 급탕 시스템

대상 단지의 경우 외벽에 음영이 지는 곳이 많아 집열판을 설치하기에 부적합하므로, 101~103동 및 상업시설의 옥상에 집열판을 설치하도록 하였다. 각 옥상의 50% 정도의 면적에 집열판을 최대 10장까지만 배열하도록 하여 총 915.00m²의 면적을 설치하였다. 집열기의 설치 각도와 방위각은 각각 45°와 0°(정남)로 설치하였고 그에 따라 생긴 지붕 밑 공간에 축열 탱크를 설치하였다. 설치한 시스템의 사양은 다음 표 7과 같다.

표 7. 태양열 급탕 시스템의 적용 위치와 사양

위치	구성요소	시스템 사양	
		종류	Glazed
옥상	집열기	유리 면적(m ²)	3.75
		용량(kW)	708.35
		집열효율(%)	0.73
		열손실계수(W/m ² ℃)	5.00
		온도 계수(W/m ² ℃)	0.01
		손실율(%)	3.00
	축열조	정격용량(ℓ)	60,750.00
		용량/집열기(ℓ/m ²)	600
	열교환기	효율(%)	70.00
		손실율(%)	2.00
펌프/집열기(W/m ²)		5.00	

다음 그림 6은 태양에너지 시스템의 적용 계획을 종합적으로 나타낸 것이다.



그림 7. 태양에너지 시스템 종합계획

3.4 성능 평가

3.3절의 적용 계획의 내용을 바탕으로 시스템의 성능을 태양광 시스템은 PVSYSY 4.33을, 태양열 시스템은 RETScreen 프로그램을 통해 평가하였다. 기후 데이터는 TMY2를 이용하여 생성하거나 프로그램에 내장되어 있는 인천의 데이터를 사용하였다.

태양광 시스템의 경우는 부하 특성을 분석하였을 때, 전력부하는 총 15,874.66MWh를 나타내었다. 벽과 옥상에만 설치할 경우에는 850.77MWh를 발전할 수 있는 것으로 나타나

에너지 부담률은 5.46%인 것으로 나타났다. 차양 장치를 설치하여 PV를 추가하였을 경우에는 1,129.79MWh를 발전하여 에너지 부담률은 7.24%로, 창에 반투명 모듈을 추가하여 발전하였을 경우에는 999.83MWh를 발전하여 에너지 부담률은 6.42%인 것으로 나타났다.

태양열 시스템은 태양열시스템을 이용하여 급탕을 할 때 564.40MWh를 발전할 수 있는 것으로 나타나 에너지 부담률은 13.23%인 것으로 나타났다. 부하 부담율이 태양광 시스템에 비해 높은 수준을 유지하고 있었다.

표 8 시스템 적용 시 에너지 생산량 비교

		부하 (MWh)	성능 (MWh)	부하 부담률 (%)
전력	기본	15,874.7	850.77	5.46
	차양		1,129.79	7.24
	창		999.83	6.42
급탕		4,265.8	564.40	13.23

4. 결 론

본 연구에서는 도시 차원에서 태양에너지 시스템을 적용하기 위한 예비 연구로써 사례 단지를 대상으로 다양한 대안을 적용하여 에너지 성능을 분석하였다.

- (1) 태양광시스템을 적용하여 공동주택단지 내의 전력 부하를 담당하고, 설비형 태양열시스템을 적용하여 대상 주동의 급탕 부하를 담당하는 것을 목표로 하였다.
- (2) 신재생에너지 시스템의 적용 가능성을 알아보기 위해 대상 부지의 일사 조건을 분석하였으며, 시스템의 규모 산정을 위하여 건물의 부하 특성을 분석하였다.
- (3) 태양광시스템의 PV 모듈은 남향 수직 벽면과 옥상면에 설치하였으며, 차양과 창에 추가 설치하는 대안을 제시하였다. 설비형 태양열시스템은 지붕에 경사형으로 부착하는 방식으로 적용하였으며, 방위각은 0°, 경사각은 45°로 하였다. 일렬로 최대 10장까지만 배열하도록 하였으며, 총

집열 면적은 915.00㎡이다.

- (4) 벽과 옥상에만 BIPV를 설치할 경우 전력 부하에 대한 에너지 부담률은 5.5%인 것으로 나타났다. 또한 차양 장치를 설치하여 PV를 추가하였을 경우에는 7.2%로, 창에 반투명 모듈을 추가하여 발전하였을 경우에는 6.4%인 것으로 나타났다. 태양열 급탕 시스템의 급탕부하에 대한 에너지 부담률은 11.4%인 것으로 나타났다.

본 연구에서는 기존 공동주택단지로 연구의 범위를 한정하여 진행하였으나 신축 공동주택단지를 계획하는 단계에 있어서 태양에너지의 이용 효율을 극대화하는 계획 방법에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한 시스템별 경제성을 고려한 시스템의 최적 규모 산정과 적용 방법에 대한 연구가 추후 이루어져야 할 것이다.

후 기

본 연구는 국토해양부가 주관하고 한국건설교통기술평가원이 시행하는 2008년도 첨단도시개발사업(과제번호 : 07도시재생B04) 지원 사업에 의해 수행되었음

참 고 문 헌

1. 이민희, 정민희, 박진철, 이언구, “도시차원의 신재생에너지시스템 적용가능성 평가에 관한 연구”, 건축친환경설비학회 춘계 학술발표대회 논문집, 2009.3
2. 차진영, “환경친화적 리모델링 시 태양복사 에너지 시스템의 적용에 관한 연구”, 중앙대 석사학위논문, 2005.2
3. 대한주택공사, “전기. 정보통신설계지침서”
4. 에너지관리공단, “에너지사용계획협의제도 개선방안 연구용역보고서”