

공동주택의 태양광발전 시스템 적용을 위한 설계방법에 관한 연구

이소미***, 이용호

A Study on the Design Methods of PV System for Apartment Building Application

So Mi Yi*** and Yong Ho Lee

Abstract

Nowaday, The Sustainable Development about global environment is the most important subject. In urban environment, a variety of the nature energy utilization such as the solar energy are the most efficient solution to solve this issue. One of these efficient solutions, a photovoltaic system using sunlight has been introduced to the building with an advantage such as cost-effective, safe for using and good for environment friendly in light with energy utilization. Recently, many of the apartment housings are built in domestic country. The apartment buildings have been constructed since early of 1970's. now apartment is taking over 50% out of entire housing in korea. The apartment housing applying to a photovoltaic system has been extensively studied in the foreign country but our county runs short. So, It was necessary to technical development of PV application which is suitable in Korean house culture. The objective of this study is to develop the building integrated PV application method for apartment building.

Key words

Photovoltaic(태양광발전), Apartment Building(공동주택), BIPV(건물일체형 태양광 발전 시스템)

(접수일 2008. 11. 11, 수정일 2008. 12. 3, 게재확정일 2008. 12. 8)

*** (주) 에스에너지 선임연구원

■ E-mail : yssom@s-energy.co.kr ■ Tel : (02)801-7100 ■ Fax : (02)801-8788

1. 서론

최근 우리나라 공동주택은 소비자들의 다양한 요구수준과 시장의 경쟁력 구도 속에서 개발 단지 또는 사업 추진 주체 별로 여러 가지 차별화 전략이 적용되고 있다. 특히 거주민의 삶의 질을 향상시키고 주거의 전반적인 가치를 높이기 위한 전략으로 친환경성에 대한 필요성이 강조되고 있다. 이것은 주거단지의 배치, 입면계획, 형태계획, 외부공간 및 경관 계획, 친환경 자재사용 등을 고려하는 것으로 나타나고 있

다. 이러한 경향은 최근 정부가 추진하고 있는 에너지절약 기준의 강화, 친환경건축 인증제도 도입, 신재생에너지 보급 정책의 확대와 함께 더욱 활성화되고 있다. 국가의 대안적인 에너지 정책에 부응하고 차별화된 건축 조성을 위해서는 특히 신재생에너지 기술의 적용을 더욱 확대할 필요가 있다.

최근 주택공사에서 태양광발전 아파트를 개발하기 시작한 것은 이러한 분위기를 잘 반영하고 있다고 할 수 있다. 한국 주거문화의 특징에 잘 부합하고 새로운 건축의 패러다임으로 신재생에너지 시스템을 적용하는 기술개발이 요구되며, 공동

주택의 특징을 잘 이해하고 새로운 건축방식의 하나로 태양광발전 시스템을 적용하기 위한 설계기법의 개발이 필요하다. 즉, 건물의 외관에 잘 부합하고 기술의 적용성과 신뢰성을 확보하는 것이 중요하다.

따라서 본 연구에서는 공동주택의 특징에 따라 개발하고자 하는 시스템 적용기법의 설계방향을 제시하고 태양광발전 시스템의 효과적인 설치기법을 모색하는데 그 목적이 있다.

2. 공동주택의 PV 시스템 설계 검토

2.1 PV시스템 설계 고려 요소

건물 일체형 태양광 발전시스템은 에너지 성능의 극대화만

Table 1. 건축적 발전 측면 설계 방향

구분	설계 방향
의장성	<ul style="list-style-type: none"> 주변과의 아름다운 조화 건물자체 identity 표현요소 시공의 용이성
안정성	<ul style="list-style-type: none"> 안전한 고정/ 부착 건물 내외부 하중의 전달 외부충격에 강한 내구성 방화 및 경량화
실외환경	<ul style="list-style-type: none"> 비, 눈, 얼음, 동결에 대한 내후성 내습성/ 단열성 자연환기/ 자체냉각/ 기밀성
실내환경	<ul style="list-style-type: none"> 실내외 접촉연계성 차음/ 오염공기 및 자외선 차단 결로방지

Table 2. 태양광발전 측면 설계 방향

구분	설계 방향
최적 시스템	<ul style="list-style-type: none"> 방위 설치 경사각도 인접 건물과의 거리 모듈의 대면적화 시스템 규격의 정량화 최대발전 모듈온도 전열(방열) 누전 방지 주변 식생의 위치
기능성	<ul style="list-style-type: none"> 효과적인 건축재와의 통합 설치의 용이성 간선의 간편함
실용성	<ul style="list-style-type: none"> 주택/ 빌딩/ 공장 등 범용적 적용 적용의 유연성 설치면적 최소화 및 설치비용 절감
유지관리	<ul style="list-style-type: none"> 간편한 시공

Table 3. 공동주택 특성에 따른 PV 시스템 설계방향

특징	설계 요구조건
일원화 되어있는 입면구성	<ul style="list-style-type: none"> 세대당 동일한 조건으로 구성 획일화를 탈피한 입면구성
건물(동)간 인동간격 증가	<ul style="list-style-type: none"> 건축법 시행령 규정 강화(0.8H>1H) PV 시스템 적용면적 증가 다양한 PV 시스템 설계필요
건물형태 및 유형	<ul style="list-style-type: none"> 디자인요소 가미된 설계(조형적) 유형별 디자인안 구축(단지형, 초고층 빌딩형)
공동주택 향 (남향)	<ul style="list-style-type: none"> 창호형 입면이 대부분 : 창호형 PV 시스템 설계안 마련 차별화된 입면구성
단독주택 대비 세대당 외피면적	<ul style="list-style-type: none"> 효과적인 PV 시스템 설치면적을 늘리기 위한 방안 마련(입면을 효과적으로 이용할 수 있는 설계안 도출)
총체적인 태양광아파트 지향	<ul style="list-style-type: none"> 단지개념 설계범위 확장 : 주차장, 놀이터, 울타리, 방음벽, 정수장 등 건물(동)을 제외한 공원, 상가 및 구조물을 이용한 PV 시스템 추가 설계안 제시

을 가지고 설계와 목표가 완성되었다고 볼 수 없으며 성공적인 건물적용 태양광 발전시스템의 통합설계를 위하여 건축 환경적인 인자도 종합적으로 고려되어야 한다.

2.2 공동주택 PV 시스템 설계 방향

태양광 발전시스템을 적용하기 위하여 공동주택의 외관의 특성, 단지규모나 배치, 건물의 형태나 규모, 주거동의 형상 등에 대한 분석이 필요하며, 이러한 특성분석을 바탕으로 맞춤형 PV 시스템 설계가 이루어질 수 있다.

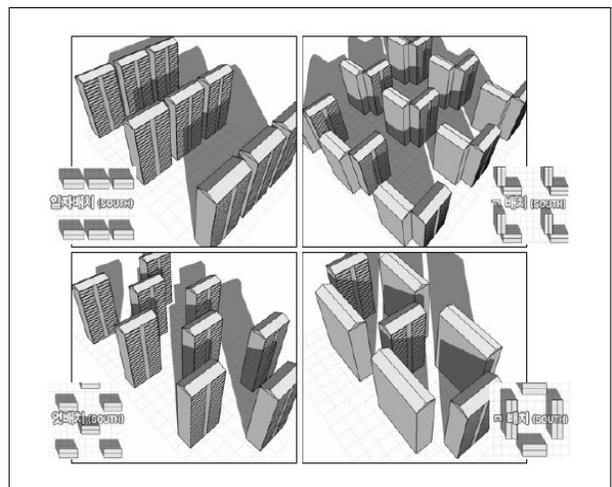


Fig. 1 공동주택의 배치형태

공동주택의 배치 유형을 살펴보면 Fig. 1)과 같이 일자배치형태, ㄱ자 배치형태, 엇배치, ㄷ자 배치 형태등으로 나눌 수 있다. 각 단지 배치 특성에 맞게 태양광발전시스템 도입을 위해서는 태양의 고도가 가장 낮은 겨울철 동지 기준으로 음영시뮬레이션을 실시, 태양전지모듈을 설치할 수 있는 부위를 결정해야 할 것이다.

3. 공동주택의 PV시스템 설계

3.1 PV모듈 디자인

공동주택 건물적용 PV 시스템의 설계를 위해서는 각종 다양한 건축적 설계변수가 고려되어야 한다. 특히, PV 모듈의 개발을 위해서는 PV 모듈의 기본 규격 및 설치 시공방법이 무엇보다 중요한 요소가 된다.

공동주택에서 가장 많은 부분을 차지하고 있는 입면에 적용할 수 있는 모듈설계를 우선적으로 진행하였다.

3.1.1 지붕형 시스템

지붕형 시스템은 4면 결합구조로 크게 수직/수평 프레임과 커버로 구성되어진다. 지붕면에 방수처리가 완료되면, 모듈을 설치하기 위하여 수직/수평 각재를 스크류로 고정하고, 수직 프레임과 수평 프레임을 제작되어진 모듈사이즈에 따라 절단 가공하여 고정한다. 상부에 모듈 밀착을 위한 가스켓을 끼워 넣고 Frameless 모듈을 안착시킨 후, 가스켓을 끼워 넣어 마감하는 방식이다. 흔히 지붕을 ‘마감한다’거나 ‘잇는다’는 것은 배수한다’는 의미와 ‘밀봉한다’는 의미로 구분할 수 있다.

지붕일체형 BIPV 모듈의 설치에 있어서는 결로등의 건축적 기능을 무시할 수 없기 때문에 배수를 위한 지붕잇기 방식 도입으로 모듈의 냉각을 극대화 하고 발전량을 높이는 방식이 효과적이고 이와 같은 개념으로 디자인되었고, 모듈의 상하로 가스켓을 사용하여 한번 더 밀착성을 확보하여 추가적으로 방수성능을 확보할 수 있다. Fig. 2는 지붕재 조립의 상세안을 설명하고 있고, 커버 가스켓의 경우, 모듈 고정을 위

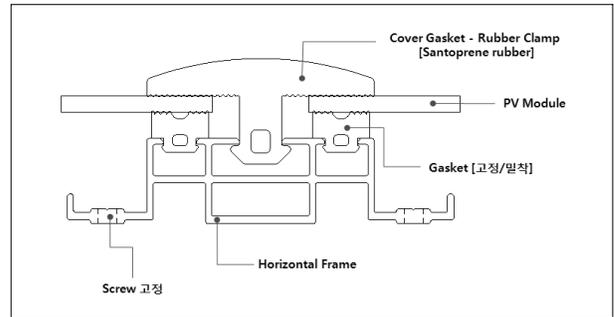


Fig. 2 지붕재 조립상세안(수직단면)

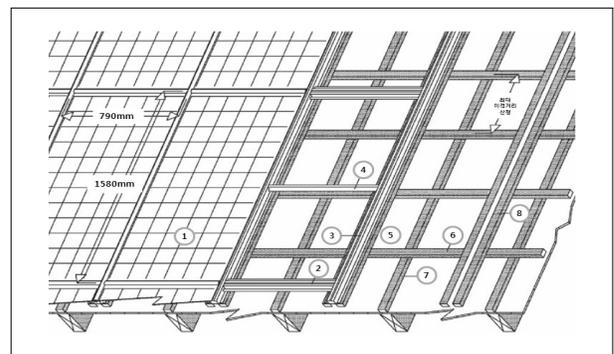


Fig. 3 Gasket 마감형 지붕재 설치법

하여 경도를 확보하고 있으나, 고무 가스켓으로 유연성을 가지고 있으므로, 시공 시 작업성이 우수한 특징을 갖는다.

전식공법으로 기후적 영향을 받지 않고 작업이 간소하여 공기가 단축되는 장점도 가진다. 하단의 Fig. 3은 지붕재 설치 3D 도안으로 모듈설치에 필요한 부자재 및 설치기법을 보여주고 있다.

3.1.2 벽면 패널 부착형 시스템

일반적인 외벽 마감재로는 실내공간을 외부로부터 차단, 보호하고 때로는 구조체의 역할도 할 수 있기 때문에 외벽 마감재로는 방수, 내구성과 같은 기능적인 차원과 함께 건축물의 이미지를 잘 표출할 수 있도록 미적인 요인을 강조하고 있다. 따라서 마감재로 다양한 형태와 재질의 재료가 사용되고 그 선택여하에 따라 건물의 이미지에 영향을 미치므로 적합한 재료의 선택이 중요하다.

공동주택 외벽의 경우, 철근 콘크리트 벽체로 수성 페인트 마감이나 대부분으로 대리석 마감과 같은 형태로 모듈이 설치되는 방식으로 디자인하였다. 일반적인 외장판넬로 흔하게 사용되는 사이즈는 1,200*900, 등의 3배수 단위로 올라가기

1) 윤중호 외, “공동주택 단지 배치유형별 PV시스템 최적 설치면적 및 전기부하 기여율 평가 연구”, 한국태양에너지학회 논문집, Vol. 28, No. 3, 2008.

때문에 그에 맞는 모듈을 설계 디자인 하였으며 설계안은 Fig. 4와 같다.

완성된 패널형 PV 모듈은 일반적인 건축외장재 마감방식인 클로즈드 조인트 방식과 오픈 조인트 방식으로서의 적용이 용이하다. 클로즈드 조인트 방식(Closed Joint System)은 가장 일반적인 방법으로, 수밀성을 확보하기 위하여 패널설치 후, 코킹으로 마감하는 방식이며, 시공이 간단하고 경제적인 장점을 가지고 있다. 오픈 조인트 방식(Open Joint System)은 외측의 외벽을 개방하고 내측에 기밀한 재료를 사용하여 이중 외피를 구성하는 방식으로, 줄눈부분에 코킹 마감을 하지 않는 것이 특징이다. Table 4에서는 두 가지 공법의 장단점을 비교 분석하였다.

클로즈드 타입의 경우, Fig. 5에서 보는 바와 같이 수직/수평 각재를 설치하고 패널형 PV 모듈을 스크류를 이용하여 고정하고 백업재를 모듈사이에 끼우고 코킹 작업으로 마무리하

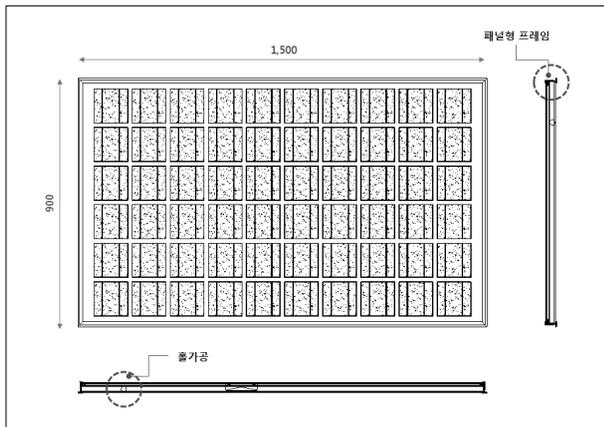


Fig. 4 Panel형 모듈 설계안

Table 4. 외벽 시공방식에 따른 차이점

구분	Closed Joint 방식	Open Joint 방식
오염도	준공 후 점차 외벽오염 발생 (코킹의 열화현상)	외벽 오염 없음
단열	코킹으로 밀폐된 외벽공간 과열	과열현상 없음
결로	겨울철 외벽안쪽으로 심한 결로현상발생	결로현상 없음
단열성능	결로로 인해 단열재 젖게 되어 성능 저하발생	단열성능 유지
조립성	철구조물 공사 중 현장 용접작업	현장용접이 없고 볼트 조립식임
시공비	공사비용 저가	공사비 증가

여 설치가 완료된다. 오픈 타입의 경우, 클로즈드 타입과 동일하게 수직/수평 각재 설치후, 모듈을 스크류로 고정하고, 코킹 마감대신 알루미늄 캡을 이용하여 스크류 마감되는 부분을 깔끔하게 막아 외관을 처리하는 방식으로 설치가 완료된다(Fig. 6).

3.2 공동주택 적용 PV시스템 디자인

공동주택에 적용이 가능한 설치위치별로 나눠 적용사례 및 디자인을 살펴보면 아래와 같다.

3.2.1 지붕형 시스템 디자인

태양전지모듈의 상하로 가스켓을 사용하여 한번 더 밀착성을 확보하여 추가적으로 방수성능을 확보할 수 있다. 커버 가스켓의 경우, 모듈 고정을 위하여 경도를 확보하고 있으나, 고무 가스켓으로 유연성을 가지고 있으므로, 시공 시 작업성이 우수한 특징을 갖는다. 건식공법으로 기후적 영향을 받지

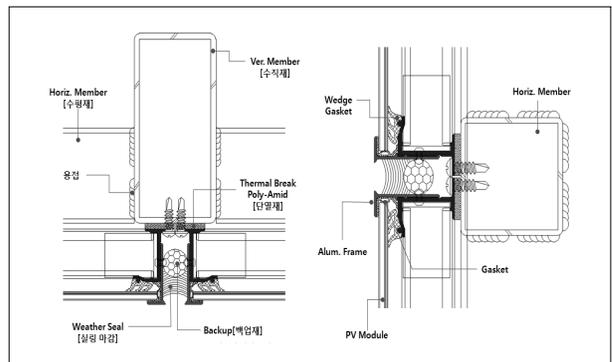


Fig. 5 패널형 PV 모듈 부착_Closed Joint 타입

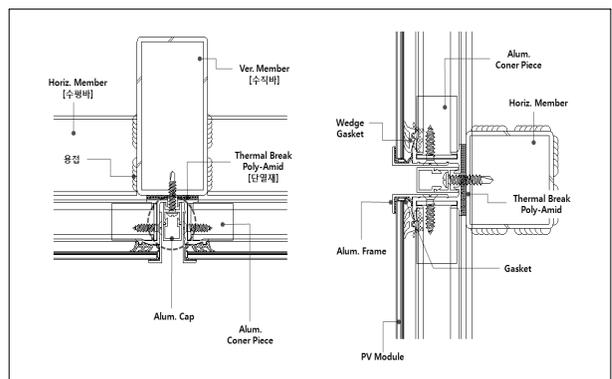


Fig. 6 패널형 PV 모듈 부착_Open Joint 타입

않고 작업이 간소하여 공기가 단축되는 장점도 가진다.

- 경사형 지붕형태로 1차 방수가 완료된 상태에서 프레임 잇기 방식
- 가로, 세로 고정지지대를 설치하고 지붕형 모듈을 고정하며, 세로 이음매가 형성, 프레임으로 고정하여 전선의 결전 비노출

모듈을 고정하는 고무 가스켓의 경우 내구성이 우수하지만 외부에 노출 시 먼지나 오염에 의해 저분해될 수 있는 단점이 있는 반면 가격이 낮아 쉽게 적용이 가능하다는 장점이 있다. 설계의 상황에 따라 안정한 방식으로 고정할 수 있는 알루미늄 프레임 사용할 수도 있다.

3.2.2 벽면 패널부착형 시스템 디자인

- 철근 콘크리트 벽체로 수성 페인트 마감이 대부분이며, 하부에는 벽돌이나 드라이비트 등으로 마감하기도 함 (부착형태로 적용 가능성이 많음).
- 공동주택(아파트) 외벽의 대부분이 내단열 콘크리트 구



Fig. 7 지붕 마감 후 모듈 고정위한 프레임 설치

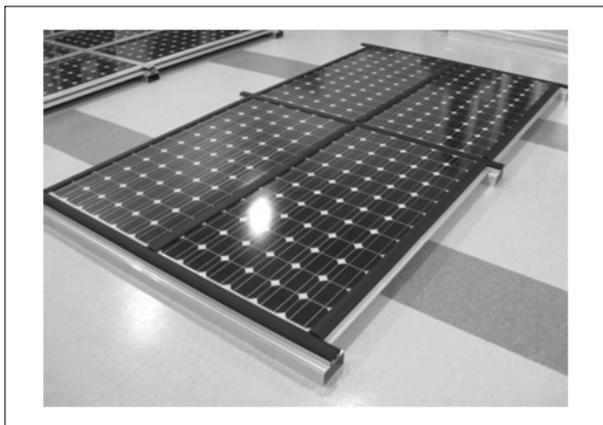


Fig. 8 지붕용 모듈 시작품 제작

조이므로, PV모듈 설치를 위한 지지구조를 설치함(일정 간격의 지지대를 설치하여 모듈 고정).

벽면 부착형 PV모듈의 설계를 토대로 실제 제작을 진행하였다. 외벽에 고정하기 위해서는 작업자들의 작업편의성을 위해 스크류고정을 상부에서 진행해야 하므로 프레임 형태가 ㄷ자의 일반적인 태양전지모듈에서 ㄴ자 프레임으로 변형되어야 한다.

또한 외벽은 풍하중의 영향 등 구조적 강도가 유지되어야 하는데 모듈이 바람에 의해 움직이는 유동성을 확보하기 위해 프레임 내부의 O형 가스켓을 삽입하여 탄성을 가질 수 있게 설계하였다.

Fig. 9와 같이 알루미늄 프레임은 모서리가 모여지는 부분을 Coner-kit으로 구성하여 빠짐이나 흔들림 없는 구조로 제작하였고 프레임 내로 태양전지모듈을 끼워 가스켓으로 고정하였다.

3.3 공동주택 단지 디자인

공동주택 단지에 적용이 가능한 지붕용과 벽면 부착형 디자인에 대해 전체 단지에 적용을 하여보았다. 실제 국내의 공동주택의 인동간격 및 요즘 고층화 추세에 맞춘 외벽디자인

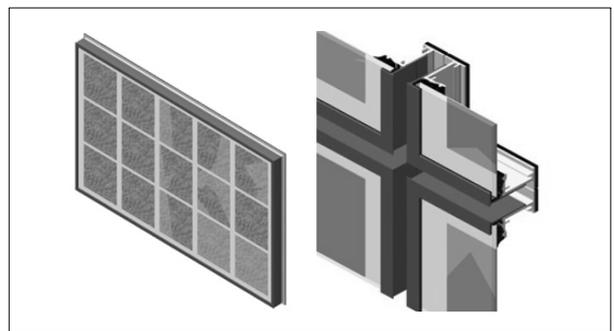


Fig. 9 벽부형 설계 디자인

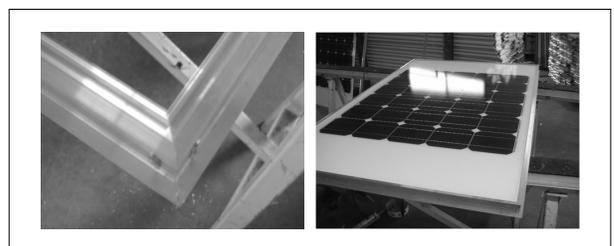


Fig. 10 AL. 프레임 조립 및 모듈 끼우기

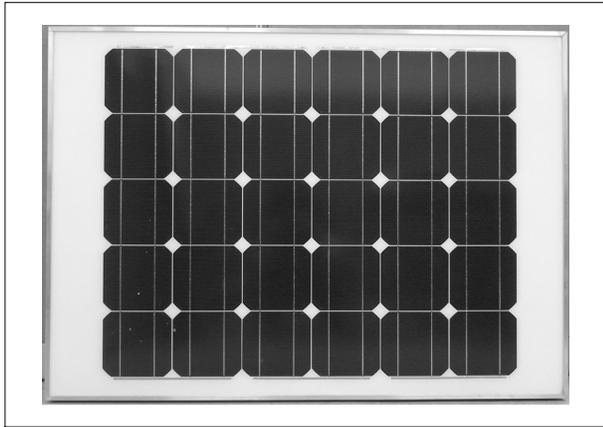


Fig. 11 외벽용 BIPV모듈 외관

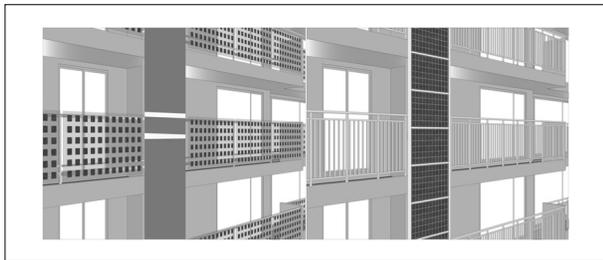


Fig. 12 발코니 및 벽면적용



Fig. 13 공동주택 단지 내 적용 디자인

의 변경으로 인해 그림자가 발생하는 부분이 많아서 실제 설계에 적용할 때 많은 부분 유의하여야 한다.

- 공동주택 PV 설치 건축적 접근 검토사항
 - 설치 건물이 인접건물 또는 상호간의 시설물 등에 의해 음영이 발생되지 않는지? 건물에 설치된 태양전지모듈에 그림자를 드리우는 장애물(자체 건물, 인근 건물, 나무, 굴뚝 등)이 있는가?
 - 설치물이 기존 건물이나 주변 건물과 조화를 이루고 있는가?
 - 사후관리 측면에서 교체 및 유지보수가 용이한지?
 - 건물의 방수 또는 기밀성이 유지 되었는지?
 - 시스템의 최적 효율을 위해 태양전지모듈의 설치 각도 및 방향이 결정되었는가?

4. 결론

공동주택은 단독주택에 비해 세대당 외피면적은 부족하지

만, 발코니 입면과 더불어, 경사지붕, 측벽등의 외벽 활용도를 높인다면 PV시스템을 적용하기에는 유리한 점이 많다. 또한 국내 주거형태의 대부분을 차지하고, 앞으로 주택난의 해소를 위해 공동주택의 보급이 확대되어가는 시점에서 태양광주택 10만호 목표달성 및 국가적 Solar City 계획에 맞는 PV 시스템 적용방안의 마련은 시급하다.

따라서 우리주거형태에 맞는 공동주택형 PV시스템 설비 도입 가능성을 위해 적용 가능한 디자인 및 설계안을 제시하여 실제 설치 할 수 있도록 활용하고자 하는 목적으로 진행되었다.

- 공동주택의 외관은 시대의 흐름에 따라 발전, 지붕디자인의 변화 및 입면의 면적은 PV 시스템 설치가 매우 유리함.
- 국외의 공동주택 PV시스템의 경우, 도시적 차원의 단지 설계로 진행, 그 설치면적 및 그림자에 따른 분석, 유휴부지 활용등으로 최대한의 효과를 창출하도록 설계됨.
- 지붕형 디자인은 국내 공동주택의 높이가 국외에 비해 높으므로 풍하중등 기상환경에 여러 가지로 고려되도록

디자인 설계되어야 함.

- 전체적으로 남향을 향하는 단지에서 외벽면을 활용한 판넬형 타입의 외벽부착모듈이 알루미늄 샷시에 고정되는 타입보다 적용성이 더 우수할 것으로 보임.

본 설계 디자인을 토대로 각 시작품이 실제 건축적 환경에서의 성능확인을 위한 Mock-up Test가 진행될 예정이며, 이 데이터를 토대로 적용성을 위한 건축적, 전기적 신뢰성검토가 지속적으로 진행되어야 할 것으로 판단된다.

후 기

이 논문은 대한주택공사 지원, 2006 중소기업 기술개발지원사업의 “에너지 절약형 공동주택을 위한 PV시스템의 적용 기술 개발”의 일환으로 추진된 연구 결과 일부로 진행되었음.

References

- [1] 이관호, 2006, 공동주택의 배치 및 블록별 재생에너지 시스템의 적용성에 관한 연구, 한국태양에너지학회 논문집, Vol. 26, No. 3, pp. 79-87.
- [2] 이승직, BIPV의 아파트 건물 적용 가능성에 대한 연구, 한국생태환경건축학회 논문집, 2006, Vol. 6, No. 1, pp. 25-32.
- [3] 노지희 외, 공동주택을 위한 PV시스템적용기법 개발 연구, 한국태양에너지학회 춘계학술발표대회 논문집, 2008-04.
- [4] 김현일 외, 2003, 공동주택을 위한 태양광발전시스템의 적용성에 관한 연구, 대한건축학회 학술대회 논문집, Vol. 23, No. 2, pp. 801-804.
- [5] 윤중호 외, 2008, 공동주택 단지 배치유형별 PV시스템 최적 설치면적 및 전기부하 기여율 평가 연구, 한국태양에너지학회 논문집, Vol. 28, No. 3, pp. 60-66.

이 소 미



2003년 경희대학교 건축공학과 공학사
2005년 경희대학교 건축공학과 공학석사

현재 (주)에스에너지 선임연구원
(E-mail : yssom@s-energy.co.kr)

이 용 호



1986년 인하대학교 금속공학과 공학사
1991~2001년 삼성전자(주)

현재 (주)에스에너지 부사장
(E-mail : solarlee@s-energy.co.kr)