

공동주택을 위한 PV시스템 적용에 관한 연구

이 소미¹⁾, 노 지희²⁾, 이 용호³⁾

Study on the Application of PV System for Apartment Buildings

So Mi Yi, Ji Hee Noh, Yong Ho Lee

Key words : Photovoltaic(태양광발전), 공동주택(Apartment Building), 적용사례(Case Study)

Abstract : This study aims to present the application of pv system for apartment buildings. Regarding to the domestic housing politics to improve residing environment and effective use of country land, apartment buildings have been constructed since early of 1790's. Now apartment is taking over 50% out of entire housing in Korea.

PV System of apartment buildings has been developed periodically and recently gable roof or canopy is popular which pv installation is more favorable. For balcony part with double skin facade sassy window, it has a preferable condition to install on the wall depending on the window direction. In case of superhigh floor apartment buildings where facade is mostly double skin facade of curtain wall system, pv module can replace the traditional curtain wall and will reduce architectural materials and obtain various out look design thereof.

So, the purpose of this research is a basic study for clean energy source and present to applicability of pv systems for apartment buildings in preliminary design step.

1. 서론

건축에서의 태양에너지 이용 기술의 개발은 에너지절약과 환경의 보존문제에 관심을 갖고 꾸준히 연구되어 왔지만, 아직도 일부 제한된 분야를 제외하고는 경제성뿐만 아니라 기술적 적용문제등으로 인해 만족할 만한 결과를 얻지 못하고 있다.

PV시스템에 대한 보급확대 정책에 따라 2012년 태양광주택 10만호 보급사업의 목표를 맞추기 위해서는 국내의 주거문화 현실을 깨닫고 이에 알맞은 보급 및 설치가 적용되어야 할 것이다.

국내의 공동주택은 일부분의 부정적인 측면이 있음에도 불구하고 주거문화의 질적 향상에 상당부분 기여하여, 전체 주택보급률의 50%이상을 차지하고 있는 우리나라의 대표적인 주거형태로 자리잡았다. 그러므로 전국적으로 분포되어 있는 공동주택의 입면 및 지붕면 등 외피면적에 PV시스템을 적용한다면 전기요금의 절감, 최대전력 감축, 환경친화적인 무공해에너지 공급등은 물론이고 화석에너지원의 수입억제와 이산화탄소배출억제 등의 보급 효과가 예상된다.

하지만 PV시스템에서 설치의 면적이 필요한 만큼 그 면적에 그림자의 영향도 발전에 가장 중요한 요인이므로, 국내 공동주택의 용적율등에 따른

단지내 입면간의 그림자 간섭등이 PV시스템을 설치하는데 가장 큰 변수로 작용할 것으로 보인다.

따라서 본 연구에서는 에너지절약뿐만 아니라 태양광을 이용한 PV시스템을 공동주택의 신축 또는 재건축 시 설계자가 적용할 수 있는 기초자료를 마련하는데 그 목적이 있으며, 설계 Process 및 최적의 적용방안을 위해 다양한 공동주택의 해외적용사례 연구를 통하여 국내 건축 환경에 맞는 PV시스템을 제시하여 다양한 활용방안을 제시하는데 있다.

2. 공동주택 PV적용의 검토

2.1 국외 공동주택의 PV적용 사례

PV 시스템의 경우, 일사에 따라 성능이 좌우되므로, 음영을 고려한 설치계획이 이루어지게 된

- 1) (주) 에스에너지 기술연구소
E-mail : yssom@s-energy.co.kr
Tel : (02)801-7100 Fax : (02)801-8788
- 2) (주) 에스에너지 기술연구소
E-mail : jhnoh@s-energy.co.kr
Tel : (02)801-7100 Fax : (02)801-8788
- 3) (주) 에스에너지
E-mail : solarlee@s-energy.co.kr
Tel : (02)801-7100 Fax : (02)801-8788

다. 따라서, 일반적으로 저층형 및 단독주택 설치 사례가 대부분이며, 국외 공동주택단지의 경우에도 대부분이 저층 전원주택단지에 적용된 사례를 많이 찾아볼 수 있다.

PV 시스템을 대형 주거단지에 적용하는 것은 대규모의 PV 시스템 적용에 필수적인 요건인 비용 절감측면에서 유리하지만 적용을 위해서는 기술적 경제적 요인뿐만 아니라 행정적, 법률적인 사항들도 동시에 중요하다. 이러한 여러 측면들이 동시에 고려되어 개발된 대표적인 도시차원의 태양광발전 시스템 적용 사례를 정리하였다.

■ Nieuwland 지구 (Amersfoort)

- 설치용량 1MWp 규모의 계통연계형 PV시스템
- 5개 프로젝트로 구분하여 시행
 - 저에너지 학교 : 3개 학교 적용(지붕형)
 - MW PV 프로젝트: 500가구 적용 가구당 2kW
 - 임대주택: 호별 22.5m² 설치
 - 개인 PV 주택: 자가 소유주택 19가구 설치
 - 연립형태 초에너지 주택: 90m² 설치(약 7,500kWh 생산), 100% 에너지 자급 (Balanced Energy House)

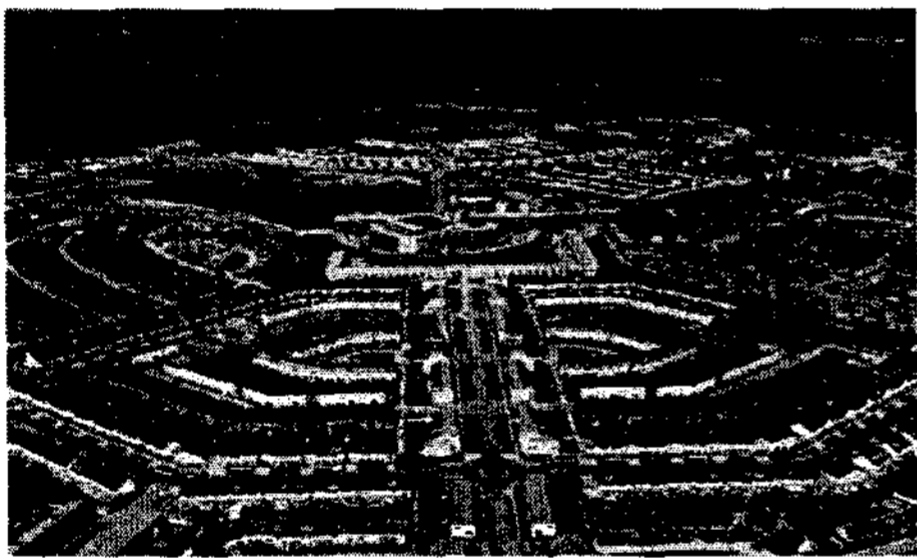


Fig 1. Nieuwland 지구 전경



Fig 2. Nieuwland 임대주택 및 학교 적용 예

■ NCC Holmen & Grynna (스웨덴)

- 총 PV 생산량 : 32 MWh (최대 46kWp)
- 2개동의 multi-family houses로, 약 35 MEuro의 예산이 투입, 그 중 30%는 보조금 지원



Fig 3. NCC Holmen & Grynna BIPV 적용 사진

■ Overdam II (네덜란드)

- 150여 채의 주택단지 [2001-02]
- 총 설치용량 : 52.6 kWp
- 가구당 설치용량 : 0.38 kWp

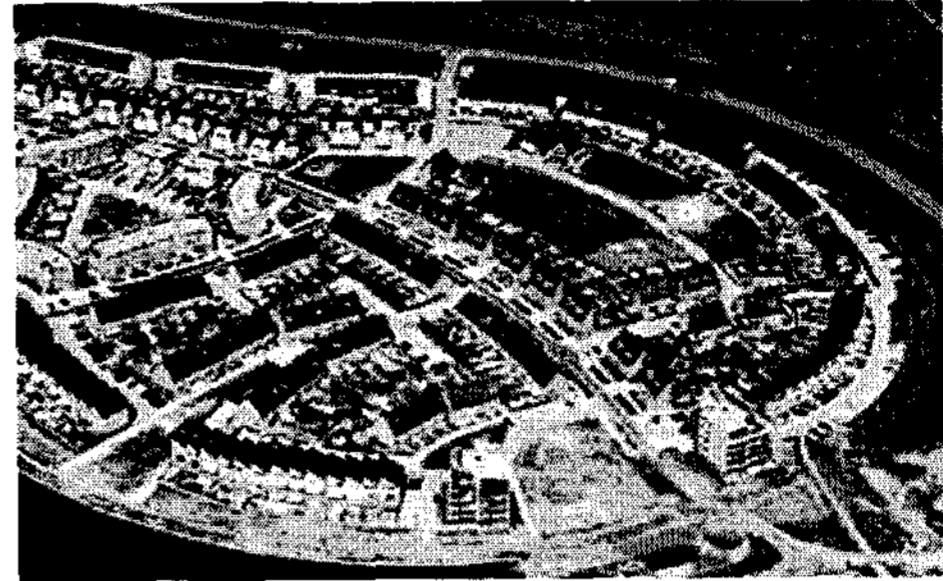


Fig 4. Overdam II 단지 전경

국외의 사례들은 대부분 도시차원에서 PV시스템을 적용한 것이 대부분이며, 처음부터 PV시스템을 염두 해두고 면적 및 음영을 고려했기 때문에 그 설치용량 등이 대규모로 적용되어 있다.

국내 건축환경에서 국외의 공동주택은 대부분 5층 이하 규모 건물의 밀집된 형태를 가지고 있어 국내의 고층 아파트에 적용하기에는 그 방법이 쉽지 않다.

2.2 국내 공동주택의 PV적용 환경

국내 공동주택의 외관 특성은 단지 내 아파트의 배치 건물의 크기등에 의한 단지의 규모 및 형상과 각 건물의 형태, 색채 등에 의한 주거 동의 형상 그리고 발코니나 창호모양에 의한 입면형상이 서로 복합적으로 작용하여 규정될 수 있다.

같은 재개발 및 기존의 건축되어 있는 건물과 인접하여 다른 대규모의 건물이 들어설 경우 그 일조량이 처음 계획되었던 것보다 달라졌을 때 태양광발전시스템의 발전량은 현격하게 저하 될 것으로 예상된다. 공동주택의 구조와 형태가 관련 기술의 발달과 소비자의 욕구에 의해 초기관상형에서 탑상형 구조에 외부마감은 커튼월 시스템으로 변화한 것처럼 바람직한 PV시스템 구현을 위해서는 지금까지 이어온 기존의 건축디자인에서 벗어나 좀 더 PV시스템에 합당한 지붕과 옥탑 그리고 외관 디자인으로의 진화에 관심을 가져야 할 때 라고 보아진다. 공동주택의 PV시스템적용 부위에 따른 장단점을 정리하면 표 1과 같다.

Table 1. 공동주택의 설치가능 부위 및 특징

구분	특징	장점	단점
지붕	박공지붕 남측면 평지붕(옥상) 난간장식구조	부가 기능 발전효율양호	설치면적제한 외부인식곤란
외벽	남측발코니 부분 창호없는 남측벽 옥탁외벽	대면적 가능 외부식별가능 디자인적요소	효율저하 그림자영향

3. 공동주택의 PV시스템 적용

3.1 적용방법

PV시스템을 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.

■ 지붕형태

건설초기단계에서는 판상구조에 평지붕 형이 대부분이었고, 80-90년대에는 눈썹지붕과 모임지붕 형식이 출현, 박공지붕도 나타났다. 90년대 후반부터 박공지붕이 주류를 이루다가 2000년대 들어 초고층 아파트를 중심으로 난간형 장식의 지붕 형태가 등장하였으며, 점점 더 다양화되는 추세로 진행되고 있다.

지붕의 경우, 입면에 비해 일사 조건이 양호하고 옥탑을 제외한 그림자의 영향이 적어 BIPV 시스템 적용에 유리한 조건을 가지고 있다. 대부분 남향을 향하여 배치되어 있고, 박공형태의 지붕을 이용하면, 박공경사가 곧 PV경사각도로 작용, 발전효율 측면에서도 유리하다. 하지만, 옥탑구조물의 형태를 고려하여 음영에 따른 손실이 최소화될 수 있도록 설계에 반영해야 한다.

■ 입면형태

공동주택의 입면은 크게 발코니창과 난간이 대부분을 차지하고 있는 형태가 대부분이다. 따라서, 발코니/난간 형태에 따라 입면형태가 결정된다. 발코니는 평면 모양에 따라 평면형, 곡선형, 다각형으로 나눌 수 있고, 아파트보급 초기 70년대의 저층아파트에서는 요철형태도 있으나, 중층 및 고층아파트들은 일반적으로 평면형 발코니형태가 많다.

대부분의 건물배치가 남향위주이며, 기능과 실용에 치중한 판상형 건물형태로 획일적인 입면 디자인이 대부분이다. 최근 70-80년대 복도식과 계단식의 건물형태에서 타워형의 건물형태로 변화되면서 다양한 입면 디자인이 시도되고 있으며, 더욱 더 다양하고 차별화될 수 있는 디자인을 요구하고 있다.

건물이 초고층화 될수록 외벽(입면)면이 차지하는 비율이 증가하게 되어, 지붕면과 비교하여 PV 설치면적이 증가하게 되나, 수직으로 설치됨에 있어 최적 설치각으로 설치한 경우에 비해 약 30% 정도의 발전성능이 떨어지는 문제를 가지므로, 경사각을 주어 설치하는 등의 해결방안마련도 필요하다. 초고층 아파트의 경우, 외피형식이 커튼월 이중외피 시스템이 대부분이므로 PV모듈이 기존 커튼월을 대체하는 효과를 가질 수 있어 외관 디자인의 다양화와 건축자재 절감에 더욱 큰 효과를 나타낼 수 있다.

■ 단지 구성 (공원 및 기타시설)

공동주택 단지의 대부분 초고층의 용적률을 타당형 배치와 지상부에 차량동선을 제거하여 쾌적한 건폐율을 보여주나 너무 초고층이다 보니 답답

함을 느낄 수 있다. 판상형과 탑상을 혼합하고 외벽도 주면과 조화로운 색채로 구성하여 단지의 환경이 우수한 단지도 있으나, 일반적인 아파트들의 외관이 비슷하여 각 단지의 특징없이 일률적인 단지 형태를 가지고 있다. 일조권을 확보하기 위해 동과 동 사이 충분한 이격거리를 확보할 수 있도록 설계되어야 하나, 대부분의 아파트 단지들은 고밀주동배치로 인하여 일조권을 침해하여 단지 내의 쾌적성을 떨어뜨리고 있다. 또한, 도로와 접하는 부분은 충분한 완충녹지를 설치하고, 옹벽과 단지 내 도로에도 충분한 완충녹지를 설치하여야 하나 대부분 단지에는 도로와 접하는 완충녹지의 공간이 부족하거나 설치되어 있지 않은 곳이 대부분을 차지하고 있다. 이러한 조건들을 충분히 고려한 PV 시스템 적용법의 마련이 필요하다.

최근 친환경일률적인 단지구성에서 탈피된 차별화된 공동주택을 요구하고 있으며, 이를 위한 PV 시스템의 효과적인 적용은 시각적인 디자인 효과에서 뿐만 아니라, 전기 생산이라는 추가적인 이점을 가지고 있으므로 최고의 대안이 될 수 있다. 따라서 초기단계에서부터 PV 시스템 적용을 고려하여 설계시공이 진행되는 차별화된 태양광 아파트 계획이 필요하다.

3.2 공동주택 적용 PV시스템 디자인

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

■ 지붕형

- 경사형 지붕형태로 계단식 이음 설치방식
- 가로, 세로 고정지지대를 설치하고 지붕형 모듈을 고정하며, 세로 이음매(상하 겹침 이음)가 형성되어 물의 역류를 방지하고, 방수 효과
- 결선방식의 비노출 및 내구성
- 설치방식 유형분석[지붕의 형상분석]

■ 벽면 부착형

- 철근 콘크리트 벽체로 수성 페인트 마감이 대부분이며, 하부에는 벽돌이나 드라이비트 등으로 마감하기도 함.
(부착형태로 적용 가능성이 많음)
- 공동주택(아파트) 외벽의 대부분이 내단열 콘크리트 구조이므로, PV모듈 설치를 위한 지지구조를 설치함.
(일정간격의 지지대를 설치하여 모듈 고정)



Fig5. 벽면의 spandrel 구간 적용 예

■ 발코니 적용

(공동주택 맞춤형으로 적용성이 높은 부분)

- 기존의 프레임 사용 : 모듈유리 보호, 방수 및 기밀성 확보, 시공 편리
- 건축적 구조성능 만족 : 풍속 $\geq 60\text{m/s}$ 이상 (내풍압), 250kg/m^2 이상 압력 만족
- 거주자와의 접촉 가능성이 있는 설치위차이므로, 확실한 접지공사 시행으로 감전 사고 방지 처리 필요 (전기설비기술기준에 의거)
- PV 모듈 타입
- 발코니 난간 부착: 기존의 난간에 PV 모듈을 부착하는 형태
- 발코니 난간 일체: PV 모듈 고정 프레임이 난간 역할을 하는 형태
- 발코니 본연의 역할인 채광 및 조망역할을 위하여 하단부에 부분적으로 설치하는 방법

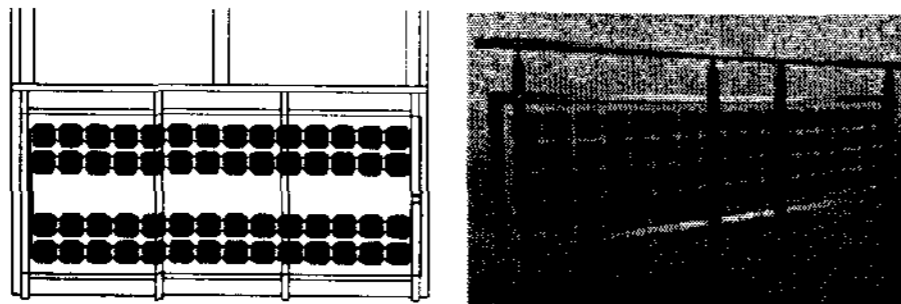


Fig 6. 발코니 외부 부착형의 적용 예

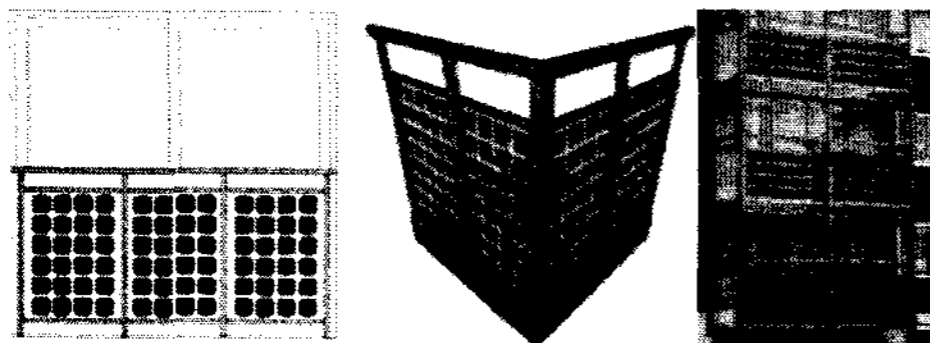


Fig 7. 발코니 일체형 적용 예

■ 창호형

- 채광성능이 확보된 기본 PV 모듈 활용
- 기존의 커튼월 프레임에 모듈 적용을 위하여 수정된 프레임 설계안 및 시공안 마련
- 일반 커튼월(창호)시공방식과 동일한 방식 적용

4. 결 론

공동주택은 외관의 면적비중이 높아 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 PV시스템 적용방안의 마련은 시급하다.

따라서 우리주거형태에 맞는 공동주택형 PV시스템 설비 도입 가능성을 위한 제반의 조건 및 적용기법을 분석, 제시하여 차후 이 분야의 활성화를 위한 설계의 기초자료로 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 단지설계로 진행, 그 설치면적 및 그림자에 따른 분석, 유휴부지 활용등으로 최대한의 효과를 창출하도록 설계됨

- 국내 공동주택의 건축환경은 용적률등의 부지활용도가 매우 높기 때문에, 저층부의 입면에는 적용하기가 어렵거나, 그림자로 인한 발전량의 감소가 예상됨

- 공동주택의 PV시스템을 적용하기 위해서는 건축적 법률에 대한 개정 및 행정적 법률 사항의 제반적인 기초 마련이 시급함.

후 기

이 논문은 대한주택공사 지원, 2007 중소기업 기술개발지원사업의 "에너지 절약형 공동주택을 위한 PV시스템의 적용기술 개발"의 일환으로 추진된 연구 결과 일부로 진행되었음

References

[1] 이관호, 공동주택의 배치 및 블록별 재생에너지 시스템의 적용성에 관한 연구, 한국태양에너지학회 논문집, Vol 26, No.3, 2006, 79-87p

[2] 이응직, BIPV의 아파트 건물 적용 가능성에 대한 연구, 한국생태환경건축학회 논문집, Vol 6, No.1, 2006, 25-32p

[3] 김현일 외, 공동주택을 위한 태양광발전시스템의 적용성에 관한 연구, 대한건축학회 학술대회 논문집, Vol 23, No.2, 2003 801-804p