

지붕일체형 PV모듈의 건축특성 및 적용사례 분석연구

A study on the Architectural Condition and Cases of BIPV-module for Roof

이 응 직*
Lee, Eung-Jik

Abstract

The roof among the outer surfaces of buildings is an optimum place to install PV since it is the best favorable part in the building to be exposed to day light. Especially, in case of module of BIPV for Roof, it should have essentially the functions of both electricity generation and roof-finish as a construction material. The followings are the results of the study which has analyzed the architectural conditions and applications thereof at the job site.

- The aesthetic function of BIPV module is very important because the roof, mostly located at the top of the buildings, is easily recognized and affects outer interior design of the building a lot.
- The heat proof of BIPV for Roof could affect the energy consumption through the roof having a wide area.
- For architectural condition to the weather, the roof has to ensure the stability of the weather, humidity proof, and airtightness to the wind respectively.
- For architectural condition of the structure, endurance by physical power such as stability of both combining and fixing and transfer of load should be ensured.
- For residents protection, it has also architectural functions to secure for the space and shield ozone, UV and noxious substances.
- Through its practical applications, It is already confirmed that there are various types of BIPV modules overseas and its application has been proved successfully.

Keywords : BIPV(Building Integrated Photovoltaic, aesthetic function, architectural condition

1. 서론

21세기는 '지속가능한 발전'을 우선하여 모든 인간생활의 패턴을 가능한 최저의 환경부하에 초점을 맞추자는 추세가 근래의 큰 흐름으로서 문명생활의 필수요소인 에너지수급 문제에 있어서도 오염의 염려가 없는 신·재생에너지 개발 및 사용에 따른 기술 확보경쟁이 세계적으로 치열하다. 일부 선진국을 중심으로 시장선점을 위한 공격적인 투자확대가 빈번하고 국내에서도 정부주도 아래 신·재생에너지 보급에 대한 중장기 로드맵 차원과 국내의 기술 잠재력을 고려하여 2004년 태양광, 풍력, 수소/연료전지분야를 3대 중점사업으로 선정한다. 이에 힘입어 태양광의 주 내용인 PV분야도 상당히 활성화되고 있는 가운데 국내의 PV확산보급은 제한적 토지이용에 따른 한계로 내다지에 설치운영하기 보다는 우리 주변에 존재하는 건축물외피를 이용하는 PV의 건축물적용에 대한 관심이 점차 높아지는 상황이다. 물론 PV의 건축물적용에 있어서 초기단계에서는 전기발전이라는 기능

적 측면이 우선되는 경향이지만, 기술의 축적과 주변기기의 연구개발에 의해 건축물과 조화를 이루는 건물일체형(BIPV) 시스템 구현이 PV분야의 중요한 과제로 대두되고 있다. 이러한 내용의 현실화에는 모듈제작기술 및 설치기술을 비롯한 각 PV요소기술, 정책 등의 PV인프라가 뒷받침이 되어야만 함은 분명하다.

그러나 현실적으로 국내에서 주로 제작 생산되는 PV 표준모듈로는 전반적인 건물일체형 시스템의 실현에는 어려움이 있기 때문에 일부에서는 BIPV전용 모듈의 개발과 제작에 심혈을 기울이고 있는 실정이다. 여기에서 PV모듈이 건축물의 외피 마감 역할을 정상적으로 소화할 수 있는 조건으로는 전력생산 기능을 포함한 기존 외장재가 지니는 건축적 요구 성능이 확보될 경우일 것이다. 그러므로 현 시점에서 BIPV모듈이 지녀야할 건축특성을 분석·파악하여 PV모듈의 건축자재화에 적극 반영되도록 할 필요성이 존재한다.

PV기술의 이용은 태양광을 조건으로 하기 때문에 다른 어떤 요인보다도 일사의 유무 및 강도 상황을 최우선적으로 이해하고, 이의 충족을 위한 적용 장소, 적용 방법 등이 고려되어야 한다. 이러한 관점아래 건축물에서의

* 세명대학교 건축공학과 조교수

PV적용 장소로는 일사를 최대한 받을 수 있는 지붕이 가장 선호도가 높다고 하겠다.

따라서 본 논문에서는 건물일체형 PV모듈 중에서 그 효율성이 가장 뛰어난 장소인 지붕일체형 PV모듈에 중점을 두고, PV모듈이 기와나 금속지붕패널 등과 같은 지붕 마감재의 역할에 필요한 건축적 특성을 분석하는 한편, 이 분야의 선진사례 조사를 통해 지붕일체형 전용 PV모듈의 국내제작 시 필수적으로 부여하여야하는 건축적 요구 성능을 도출하며, 그 시공에 있어서도 하자발생 없이 전력생산과 지붕마감재의 역할을 무난히 수행할 수 있는 가이드라인을 제시하는데 그 목적이 있다.

2. 외피요소로서의 지붕

2.1 지붕의 기능

외피로서의 지붕은 벽과 함께 외부공간과 내부공간을 구획하는 경계부위이다. 기능적으로는 빗물과 외기 그리고 외부소음 등의 차단역할을 하며, 외부로 노출되는 외부환경의 형성 요소로서 외장 측면에서도 중요한 기능을 갖는다. 따라서 일반적인 지붕재료는 내구·내화 적이어야 하고, 각 종 하중에 대해서도 잘 견디어야 한다. 이외에도 현대건축에 있어서는 표면적이 가장 큰, 벽과 지붕을 통한 에너지 손실이 대부분이기 때문에 ‘에너지 제어 장치’로서의 기능이나, 본 논문주제와의 연관관계에서 본다면 에너지를 얻을 수 있는 ‘에너지 획득 장치’의 기능 또한 중요하다하지 않을 수 없다. [그림 1]은 이러한 물리적인 기본내용을 도식화 한 것이며 그 기능의 세부항목을 정리하면 다음과 같다.

- 기후보호기능 : 비, 바람, 일사 등 외부기후의 영향으로부터 건물보호
- 단열기능 : 외부기온변화에 대한 건물보호와 쾌적한 실내 환경유지
- 방습기능 : 실내·외의 투습성에 의한 실내공간과 건축물 자체의 습기보호
- 방음기능 : 외부 소음에 대한 실내공간의 보호
- 내화기능 : 외부로부터의 화재에 대한 일정시간 실내공간의 보호

2.2 지붕의 형태

각국의 토속건축이 보여주듯이 지붕의 형태는 아주 다양하며 이 다양성은 그 지역의 기후특성과 입지환경 그리고 건축 재료에 의해 결정된다. 특히 지붕의 경사정도는 지붕면적의 크기 및 지붕의 구조적 재료와 마감재의 종류, 풍우·적설량에 의해 영향을 받아왔다. 일반적으로 지붕면적과 강수 및 적설량이 커지거나 마감재의 크기가 작아지면 누수에 대한 위험성이 높아지므로 급한 경사가 요구된다.¹⁾

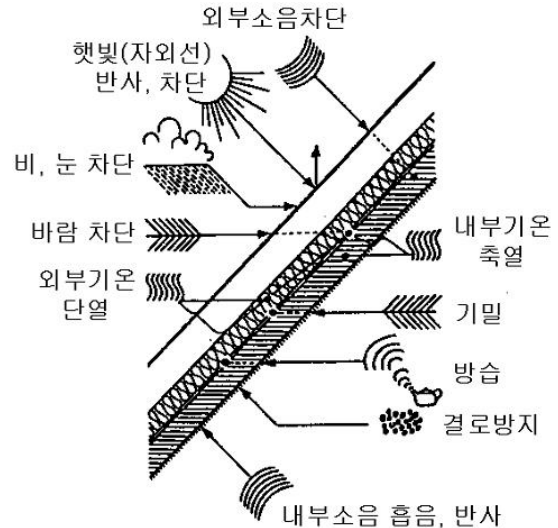


그림 1. 지붕 내외부에서 작용하는 물리적 인자

-지붕형상

지붕의 보편적인 형상은 외쪽지붕, 합각지붕, 꺾임지붕, 평지붕, 모임지붕, 박공지붕 등이라 할 수 있으며, 이것들은 한 건물에 단독 또는 혼용으로 나타나기도 한다.²⁾ 우리나라 전통 기와지붕의 경우 합각지붕 형태가 주를 이루지만 현대 건축에서는 다양한 지붕형상이 존재하고, 특히 과거에 생각할 수 없던 셸 구조와 같은 경량 형이나 트러스를 이용한 장 스패 M형 또는 툇날지붕형도 공장 등의 산업 건축물에서 자주 만날 수 있는 구조이다. 이와 함께 1970년대까지 빌딩건축의 전형이었던 평지붕들은 단조로운 도시의 스카이라인 형성에 많은 영향을 주었다.³⁾ [그림 2]는 대표적 지붕형상인 모임 및 박공지붕을 묘사한 것으로서 지붕외관의 주요 부분 명칭을 함께 나타낸다.

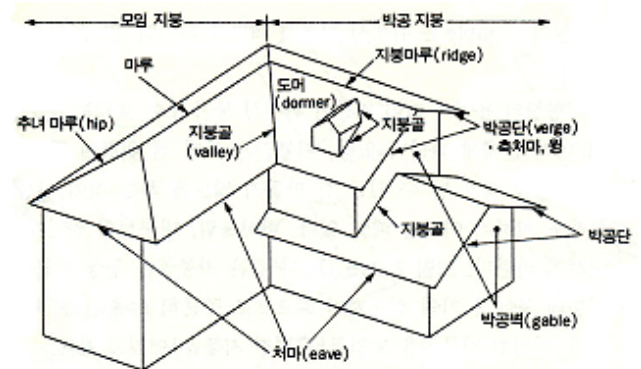


그림 2. 모임 및 박공지붕의 형태와 주요 부분 명칭

-지붕물매

지붕의 경사정도를 나타내는 물매는 건물의 전체 형상 디자인의 중요요소일 뿐만 아니라 지역문화와 강우량, 재료의 성질 및 잇는 방법에 따라서 빗물의 원활한 흐름

1) 조병선 외 3명, “건축일반구조”, 광문각, 2000

2) 김정수 외 5명, “최신건축 일반구조 학”, 문운당, 2005

3) 건설도서 편집부, “지붕과 벽의 구법 시스템”, 건설도서, 1998

로 누수방지의 목적이 있다. 물매는 수평거리 10cm에 대한 직각 3각형의 수직 높이로 나타내고 5cm·4cm·3cm 물매 등으로 불린다. 따라서 10cm 물매인 45°도 경사를 뒤물매라 하고 그 이상을 된물매라 한다.⁴⁾ 서양에서는 간 사이와 용마루 사이의 비로 나타내고 피치(pitch)라고도 한다[그림 2].

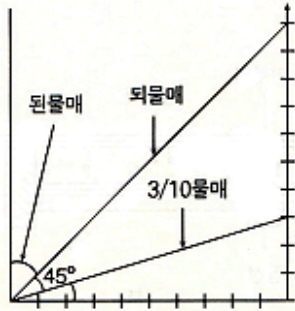


그림 9. 지붕의 물매

따라서 사용 마감 재료의 연관관계에서 각각의 물매 및 경사도는 [표 1]과 같다.⁵⁾

표 1. 마감 재료에 따른 지붕경사도

재 료	경 사			
	물매(cm)	경사비	피치	각도
평 기 와	4.0	4:10	4/20	약 21
본 기 와	3.5	3.5:10	3.5/20	약 19
슬레이트(소형)	5.0	5:10	5/20	약 26
슬레이트(대형)	3.0	3:10	3/20	약 16
금속판 평이음	3.0	3:10	3/20	약 16
금속판·기와가락· 골판 이음	2.5	2.5:10	2.5/20	약 14
아스팔트루핑	3.0	3:10	3/20	약 16
닐·이영	5.0	5:10	5/20	약 26

2.3 지붕 마감재

지붕을 위한 중요한 분류의 특징은 지붕마감의 구법에 따라서 달라지고, 여러 종류의 구법과 서로 다른 지붕재의 종류는 지붕경사와 지붕의 구조적 시스템 그리고 일반적으로 요구되는 지붕의 기본 기능과 아주 밀접한 관계를 가지게 된다. 또한 이러한 마감재의 종류에 따라서 마감재의 고정을 위한 하부 시스템과의 고려도 중요한 건축적 요소에 해당한다. 흔히 지붕을 ‘마감 한다’거나 ‘잇는다’는 것은 ‘배수 한다’는 의미와 ‘밀봉 한다’는 의미로 구분할 수 있고 이의 내용을 정리하면 아래와 같다.

· 배수를 위한 지붕 잇기 라고 하는 것은 개별적인 지붕마감재가 빗물을 다음의 개별 마감재로 배수시키는 것을 의미한다. 이 경우의 지붕 재 표면은 방수의 기능을 가진 것이 아니라 지붕 경사에 의해서 빗물을 배수하는

상황이며, 구법 상으로 마감재의 뒷면은 공기의 유통이 가능하게 된다. 따라서 마감재 뒷면의 결로는 흐르는 공기에 의해서 증발하게 된다. 이러한 시스템에 해당하는 마감재로는 각종 기와, 너와, 천연슬레이트, 소형석면슬레이트, 이영 등이 있다. 지붕일체형 BIPV모듈의 설치에 있어서도 이러한 개념의 도입으로 모듈의 냉각을 극대화할 수 있다.

· 밀봉하는 지붕 잇기 라 함은 빗물 또는 습기뿐만 아니라 공기의 흐름까지도 완전히 차단하는 지붕재의 사용과 그 구법을 말한다. 이 구법에는 아스팔트 싱글 잇기, 아스팔트 루핑, 용접 금속판 잇기 등이 해당되며 뒷면의 응축수를 바깥으로 처리할 수 없기 때문에 내부의 결로를 방지하는 건축적 대책이 충분히 고려되어야만 한다.

여기에서도 마감재의 표면이 ‘단단한 재질’이나 ‘부드러운 재질’이냐로 구분되어 기와나 천연슬레이트, 콘크리트 기와, 석면슬레이트 등의 단단한 재질의 마감재들은 내화성을 가지고 있지만 너와나 이영 등의 부드러운 재질의 마감재는 내화조건을 충족시키지 못한다.

2.2 지붕 디자인

건물의 지붕외관은 지붕의 형태와 경사도, 지붕 마감 재료에 의해 결정되고, 특히 마감 재료의 형태와 크기, 색깔, 재질은 가장 중요한 요소 중 하나이다. 표면 색깔은 현재 마감재의 제작기술상 자유스러운 선택이 가능해서 광택이 나는 표면을 가진 기와나 산업용 건축물에 흔히 쓰이는 푸른색이나 미색의 금속판 지붕 등이 광범위하게 적용되고 있다. 재질의 질감에 따른 이미지 또한 전체건물의 이미지에 큰 영향을 미치는데, 예를 들어 이영이나 갈대와 같이 거친 표면으로 나타나는 경우와 기와와 슬레이트와 같이 파형으로 나타나는 경우 그리고 금속판 지붕 등과 같은 평탄하고 통일된 지붕표면으로 나타내게 되는 디자인 콘셉트로 작용하게 된다. 실제 건축적 상황에서 한 건물의 외피 그리고 건축재료 등이 건축물의 요소로서 거리를 구성하고 나아가 건물집단을 형성하여 전체 도시의 모습을 이루게 되므로 지붕의 디자인 요소는 도시 스카이라인과 도시외관 계획 측면에서도 중요한 의미를 내포한다.

이러한 이유에서 현대건축에 있어서의 지붕디자인의 의미를 열거하면 다음과 같다.

- 지붕 재료 및 마감재에 의한 디자인 성
- 가로 미관과 전체 도시 계획적 차원의 조화
- 건축주의 이미지 표출 기능
- 건물 외피가 하나의 광고판으로서 정보교환 매체의 기능 수행

3. 지붕일체형 PV모듈의 요구 성능

지붕재가 가져야할 건축적 요구 성능들은 다양하고 무

4) 정평란, “건축 일반구조 학, 형설출판사, 2000

5) 정상진 외 7인, “건축일반구조”, 기문당, 2001

엇보다 건물주변 상황과 건물이 위치하는 지역의 기후에 대한 대책이 필요하다. 또한 PV모듈이 일반 지붕마감 재에 상응하는 건축성능을 가질 수 있어야만 기존 지붕재의 대체가능성이 주어진다고 보면, 2장에서 서술한 지붕의 기능이 곧 PV모듈에 대한 건축적 요구 성능으로 대입될 수 있을 것이다. 이와 같이 PV모듈이 건물외면에 부가적으로 달려있는 것이 아니라 건축마감재로서 주체적인 건축자재화 되었을 때의 상황을 'BIPV-Building Integrated Photovoltaic'이라 일컫는다.

그러므로 지붕용 BIPV모듈의 건축적 요구 성능에 해당하는 주요 항목은 다음과 같다.

3.1 기후차폐 · 보호성능

지붕은 건물의 최상단에 위치한 최 외곽 마감부위로서 비, 이슬, 눈, 바람, 우박 등의 각종 외부 기후환경으로부터 보호기능을 가져야 하기 때문에 이곳에 부착되는 지붕일체형 PV모듈은 건축 및 전기측면 모두를 충족하는 안정적인 기능과 상당한 내구성이 보장되어야만 한다. 일반적인 PV모듈은 현재의 기술력으로 약 25년의 내구연한이 주어지며⁶⁾, BIPV모듈은 이 기간 동안 외부의 온도변화와 자외선, 태풍 그리고 우박 등에서도 건디는 건축 마감재로서 인정을 받아야 만 건물외피의 최 외곽에 보호막으로의 역할이 주어지게 된다. 따라서 BIPV모듈의 성능평가에서는 이러한 물리적 조건에 대한 내용이 중요한 변수가 되며, 이에 대한 국내 및 국제 적용규격은 아래 [표 2]와 같다.⁷⁾

표 2. 국내외의 적용규격

적용규격	내용	해당시험	
국내	KSC 8530	결정계 태양전지 모듈의 환경시험 방법 및 내구성 시험방법	내 풍압시험 강박시험 단자강도시험 비틀림 시험 내열성 시험
	KSC 8531	결정계 태양전지 모듈	내풍압시험 강박시험 단자강도시험 비틀림 시험
국외	DIN EN/IEC 61215	결정질 실리콘 태양광 모듈-형식조건과 형식인증	온도사이클시험 내습성시험 열점내구성 시험
	IEC 61345	태양광 모듈 자외선 시험	자외선 시험
	IEC61730	태양광 모듈의 안전 품질	전기적 안정성 및 건축성능 시험, 내화시험

3.2 단열성능

PV모듈은 모듈자체의 제작형태에 따라 모듈을 분류하

는 열류의 흐름을 차단하게 되고, 이로 인해 지붕에 설치된 상황에서 구조체내부에서 일어나는 열관류현상을 억제하는 역할을 하게 된다. 모듈의 구조적 측면에서 두 가지 가능성을 살펴보고자 한다.

첫째, 단일 성능부여를 위해 PV모듈 뒷면에 단열재를 부착하고 프레임으로 고정된 구조일 경우이다. 이러한 밀폐형태의 경우 결정계모듈에서는 발열현상이 효율을 떨어뜨리는 문제가 있기 때문에 지금까지는 주로 비결정계인 박막형 모듈을 사용하였으나, 결정계도 모듈과 단열재 사이에 공간을 두고 통풍이 가능한 구조로 제작된다면 효율개선과 단열항목의 요구 성능을 확보하게 된다.

둘째, BIPV모듈로서 그 응용이 좀 더 자유스러운 형태로서 소위 G/G (Glass to Glass) 모듈이다. 이 경우는 단열창호의 외부 유리를 PV모듈로 대체한 구조로 외부의 PV모듈과 내부의 창유리 사이에 형성된 공간에 진공 또는 아르곤가스를 주입하여 단열효과를 높일 수 있다[그림 4]. 결국 단열효과를 극대화하고 유리와 동일한 특성으로 건축물의 지붕 등 마감재로서의 기능에 모자람이 없게 된다. [표 3]은 이 내용을 정리한 것이다.

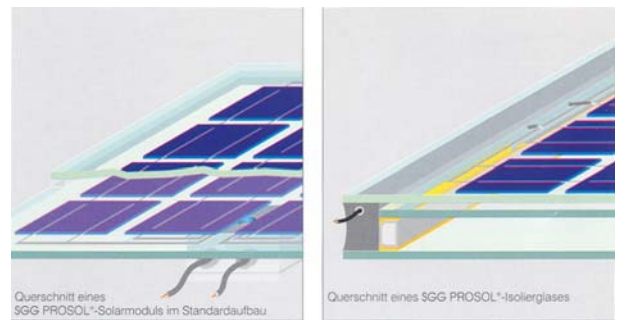


그림 4. G/G 안전유리(좌) 및 단일 PV모듈(우) 에 출처 : SAINT-GOBAIN, GLASS SOLAR 카탈로그, 1998

표 3. 아파트건물에서의 설치가능 부위 및 특징

구성형태 및 종류	응용 가능성	적용 장소
샌드위치형 -모듈 뒷면에 단열재 부착 후, 프레임 고정 -비결정계 모듈	-결정계 모듈: 모듈과 단열재 사이 통풍 구조로 제작	지붕, 외벽, 스펠드 럽 부위, BIPV
G/G형 -Glass to Glass의 단열창호 유리형태 -결정계, 비결정계 모듈	-단열유리 창호의 효율적 단열효과 -디자인요소로 적용	지붕, 온실, 커튼 월, 창호, BIPV

3.3 차양 또는 채광성능

현대건축물에서 흔히 만날 수 있는 아트리움과 같은 대형유리면적은 풍부한 채광과 개방감의 효과를 극대화시키지만 이 유리 면적을 통한 계절별 열 적 손실 및 가열현상으로 건축물 에너지소비를 과다하게 하는 주요 원인으로 작용하게 된다. 따라서 직달 일사의 유입방지 및 차단은 유리창 또는 대형유리지붕의 외부에 설치되는 차양 장치의 효과가 가장 크기 때문에 현대적인 에너지 절약 건축에서는 PV모듈을 이용한 차양 장치가 하나의 계획요소로 등장하고 있다. 즉, 기존의 차양 장치를 PV모듈

6) Steiss F., "Photovoltaic", Vieweg & Sohn, Braunschweig / Wiesbaden, 1996
7) 산업자원부, 기술표준원, "태양광 표준화 및 적합성 평가 기술세미나" 자료집, 2005. 12

로 대체함으로써 PV의 발전기능과 차양으로서의 기능, 아울러 그에 따른 에너지 절약까지의 다기능효과를 충족할 수 있게 된다. 특히 G/G형 모듈은 아트리움 지붕에 직접 지붕면으로 마감됨으로써 차양기능을 갖게 된다. 차양 장치로서의 PV모듈의 장점은 두 기능의 특징이 모두 태양을 향해 설치되어야 함으로 가장 효과적인 조합이 가능하다는 것이다. 결정계 전지 모듈은 태양전지 사이의 간격 조정으로, 비결정계 전지 모듈은 반투명 모듈로 태양광의 투과율과 음영 강도를 변화시킬 수 있고, 필요에 따라서는 채광조절에도 유효하다.



그림 11. 채광 및 차양기능의 G/G모듈 적용 대형유리 지붕 예

3.4 차음성능

현대 산업사회, 특히 도시에서의 소음발생은 새로운 사회문제로 떠오르고 있어 건물내부에 있어서 인간 생활의 질적 향상과 쾌적하고 건강한 삶을 위해서는 외부에서 발생하는 소음의 차단이 필수적이다. 만약 소음발생원 제거가 불가능할 경우 건축적인 차음 대책을 통해 사람들은 보호되어야 하고, 그 예를 보면 소음레벨이 10dB 감소하면 소음충격은 반으로 줄어든다고 한다.

1. 외부유리
2. 태양전지 삽입
3. 안전유리
4. 중공층
5. 내부유리(한겹 또는 두겹)

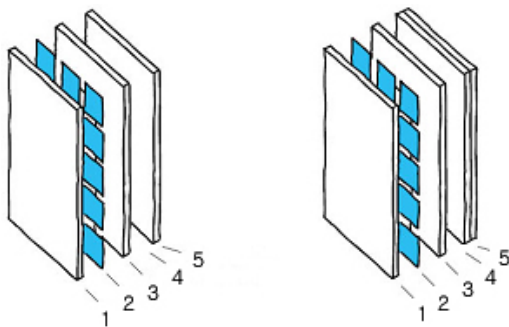


그림 12. 모듈의 구성방법에 따른 차음성능 강화 예

일반 모듈의 제작에 있어 단일기능에서와 같은 겹층 구조로 여러 층을 겹치는 경우 25dB정도의 차음성능을 얻을 수 있다는 보고가 있고⁸⁾, 방음유리구조를 이용할 경우 더욱 향상된 차음성능이 가능하게 된다. 두 형식 모두 모듈의 전기발전과는 별도로 차음 성능을 얻을 수 있음을 주목할 필요가 있다.

8) Flachglas Markenkreis, Glashandbuch 2003

이외에도 PV모듈이 가지는 가능성은 방법상의 기능이나 태양열과 조합된 집열 기능, 현대 문명사회에서 일반화된 전자파의 차단 기능 등이 부가적으로 부여될 수 있다.

지금까지의 내용에 준한 건축측면에서의 PV모듈 요구 성능은 크게 네 가지 분야로 나누어 정리하면 다음과 같다.

첫째, 기후에 대한 성능

-내후성, 내습성, 단열성, 기밀성 등

둘째, 건축 구조적 성능

-부착의 안정성, 외부충격에 대한 내구성, 내화성, 보수용 용이성 등

셋째, 거주자의 요구조건에 대한 성능

-실내외의 접촉 연계성, 공간의 확보성, 채광 및 차양조절의 기능성, 실내의 쾌적성 등

넷째, 건물내부의 보호 성능

-외부의 소음 차단, 오염공기로부터의 보호, 오존 및 자외선 차단, 유해 곤충의 차단 등

4. 지붕일체형 PV모듈의 종류 및 적용사례

4.1 모듈의 구조적 통합

BIPV시스템은 태양광선을 전기로 변환시킴을 넘어 내후성, 단열성, 차음성, 채광조절 등의 부가적 기능도 포함하게 됨을 이미 살펴보았다. 따라서 기존의 마감재를 PV모듈로 대체 시키는 것을 통해 PV와 건축의 구조적 통합이 이루어지는 것이다.⁹⁾ 그 효과로는 건물과 조화된 PV면적은 청정에너지의 자체생산은 물론, 다양하고 현대적인 감각의 건축세계를 새롭게 펼칠 수 있어 건물 개별적으로나 도시의 스카이라인 형성에 기여하는 바가 대단히 크다. 여기에서 소개·분석되는 지붕용 BIPV종류와 그에 의한 적용사례를 통해 PV모듈이 지붕 등의 건축물에서 가능한 한 널리 응용될 수 있는 건축 구조적·디자인적인 상관관계를 파악하고자 함이다.

지붕용으로 개발되어 상용화된 BIPV모듈의 종류는 그 크기와 형태별로 다양하고 또 각각의 특징에 따라 설치 및 적용방법을 달리하고 있는데, 모듈의 외관 프레임의 변경 등을 통해서 통합된 BIPV모듈로 개발되었다고 볼 수 있다. 모듈은 크게 평지붕 형과 경사지붕 형으로 구분하여 모듈의 크기가 작을수록 배선의 길이와 연결점이 과다해지는 결점이 있으며, BIPV용 대형모듈의 경우 건축마감재의 요구조건을 비교적 쉽게 구현할 수 있는 glass to glass의 샌드위치 모듈이 주를 이루고 있음도 주목할 사항 중 하나이다. 이와 같은 지붕일체화 기술개발을 위해 일부 선진국에서는 막대한 투자를 아끼지 않으면서 지속적 연구지원 정책이 추진 중에 있다.







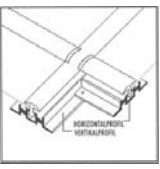
9) Claudia Lueling 저, 이응직 역, 건축과 태양광 발전, 세진사, 2005

4.2 모듈의 종류

표 4-1. 지붕 일체형 PV모듈의 종류 및 설치방법

적용 모듈	적용 및 설치 방법	특 징
		<ul style="list-style-type: none"> -일반적인 기와 잇기 후 모듈은 기와에 설치된 4개의 끼움 돌기에 밀어 넣어 장착 -소형모듈이기 때문에 복잡한 지붕형태에도 가능 -기와의 모듈 색깔 조합 가능 -시공과 확장이 간편하나 모듈 연결전선 길어짐
		<ul style="list-style-type: none"> -아크릴글라스(PMMA)기와의 소형 모듈의 조합 -모듈 뒷면이 투명하고 기존의 기와 이미지 유지 -아크릴기와의 높은 반사율로 효율 30% 낮아짐 -소형모듈이기 때문에 복잡한 지붕형태에도 가능 -모듈과 연결전선이 기와 뒷면에 위치 보호됨
		<ul style="list-style-type: none"> -플라스틱 프레임 형판과 모듈의 조합 -모듈은 기존 기와를 대체하는 건물 일체형 -특수형태의 프레임이 기와 고정 목(木)에 걸림 -모듈의 수평 이음매는 아래쪽 모듈이 상부모듈에 덮여지는 겹쳐잇기로 마감 -수직 이음매는 덮개 프로필을 고정시켜 방수
		<ul style="list-style-type: none"> -플라스틱 프레임 형판 위에 모듈 장착 -모듈은 평판기와 6장을 대체하는 건물 일체형 -특수형태의 프레임이 기와 고정 목(木)에 걸림 -모듈의 수평 이음매는 아래쪽 모듈이 상부모듈에 덮여지는 겹쳐잇기로 마감 -수직 이음매는 기와 잇기와 같이 홈 프로필로 겹쳐 마감
		<ul style="list-style-type: none"> -기존의 절판암 기와에 PV모듈을 붙인 형태 -별도의 지지대 없이 기와의 일상 잇기로 설치 -MC Connector채용과 전선은 기와 아래에 위치 -지붕의 경사도는 18도에서 90도(외벽)까지 가능 -소형모듈이기 때문에 복잡한 지붕형태에도 가능 -전체 이미지는 통일된 표면을 나타냄 -건물 일체형
		<ul style="list-style-type: none"> -스티로폼 단열 금속판 샌드위치 마감재와 박막 형 전지 모듈 -온도에 민감하지 않은 박막 전지의 특성으로 모듈의 동작효율 유지 -세로 방향의 설치로 전형적인 금속지붕 이미지 -간단한 시공으로 대 면적 지붕 형성 -지붕마감재와 단열의 동시기능의 건물일체형
		<ul style="list-style-type: none"> -프레임 없는 PV 모듈이 지붕 마감재 역할 -기존의 기와 지지 목에 수직방향으로 고정된 알루미늄 레일 프로필에 모듈을 끼울 수 있는 홀더를 장착 -2개의 모듈을 동시에 받치게 되는 알루미늄 U형 프로필은 수직방향의 막히지 않은 구조로 배수로 역할을 함

표 4-2. 지붕 일체형 PV모듈의 종류 및 설치방법

적용 모듈	저 용 사 례	특 징
		-특수 평판지붕용 깔개식 BIPV모듈 -박막형 태양전지로 뒷면 통풍이 불필요 -PV모듈위로 걸어 다닐 수 있는 안정적이고 유연한 특성 -자체적인 방수기능 -연결 케이블은 깔개식 모듈 아래에 배선되어 외부노출 없음
		-다결정 G/G 모듈에 의한 대형 평 유리지붕의 마감 -전지간격 배열에 따른 채광효과 및 차양효과 극대화 -나무골조 위의 알루미늄 지지대에 모듈 고정 -배수를 위한 모듈의 경사는 5도 -지붕과 외벽 공용의 BIPV모듈
	 	-유리와 EVA시트의 래미네이트 모듈 -모듈크기 520x1118 mm -지붕의 나무 지지대 위에 가로 세로 알루미늄 고정대를 설치 후 모듈 고정 -모듈과 모듈 사이는 자외선에 견디는 고무 가스켓으로 마감하여 방수성 보장

4.3 적용 사례

건물 명	건물전경	특 징
상남부 초교 일본		-전체 지붕의 BIPV화 -설치면적 120m ² -계통연계형의 46 kWp -발전전력은 건물의 조명 및 공조부하 담당
Dome 경기장 이탈리아		-전체 지붕의 반투명 박막형 모듈사용 -설치면적 300m ² -계통연계형의 30 kWp -최초의 돔 경기장 적용사례 -채광기능 우수
재교육센터 독일		-대형 다결정 G/G BIPV 모듈사용 -지붕 및 외벽 설치면적: 10,533m ² -계통연계형의 1MWp -채광 및 차양기능 -지붕은 태양전지 간격을 달리해 출력 및 투과율이 다른 5종류의 모듈이 남향으로 5도 경사로 설치
에너지연구 센터 네델란드		-유리와 EVA시트의 래미네이트 무 프레임 단결정모듈로 장당 출력 85Wp -지붕 총 출력: 38.76 kWp -모듈크기 525x11183 mm, -32장의 125x125mm 태양전지 사용 -원형의 아트리움 형 지붕 -채광 및 차양기능
주택단지 독일		-유리와 EVA시트의 래미네이트 모듈 -지붕용 BIPV 시스템 -지붕의 격자 나무 지지대 위에 고정 -총 22채 지붕, 출력 72.8 kWp -지붕의 가장자리는 모조모듈로 마감

5. 결 론

지붕의 최우선 기능은 강수를 차단하는 셸터로서의 역할에 있고, 이를 실현하기 위한 지붕구법의 특성은 간단히 말해 ‘빗물처리와 물리적 강도를 유지하는 수평경계면’이라고 할 수 있다. 여기서 물리적 강도란 강풍이나 적설 등의 하중 아래에서도 빗물의 흐름이 원활하다는 것으로, 텐트 등의 가설구조와는 뚜렷이 구분된다. 그러나 현재까지 국내에서 사용되고 있는 일반적인 PV모듈은 순수한 지붕재로서의 역할을 다하기에는 단열, 방로, 차음, 수밀, 기밀, 내구성 등의 성능이 부족하여 마감재의 신뢰성에 의문을 내포하기 때문에 아직까지 국내에서는 순수한 모듈의 지붕일체화 시스템은 찾기가 어렵다. 그러므로 다양한 BIPV 적용을 위해서는 국내 태양전지개발이 위에서 언급한 미비한 점을 그 한계로 둘 것이 아니라 건물지붕재로서의 물리적 특성을 충분히 견뎌 낼 수 있음과 동시에 전기발전이라는 본래의 목적에도 최상의 기능을 발휘할 수 있고, 또 건축디자인 주요요소인 색감이나 질감에 있어서도 변화를 줄 수 있는 태양전지와 모듈개발을 활발히 이루도록 하여야 한다. 이에 본 연구에서는 지붕일체형 PV의 건축적 특성과 그 적용사례를 분석하여 지붕일체형 BIPV모듈 개발의 가이드라인이 될 수 있는 결과로 다음과 같이 정리한다.

-지붕은 건물의 최상부에 위치하여 외부에서 쉽게 인지되기 때문에 건물의 외부디자인에 큰 영향을 미치므로 BIPV모듈의 의장성은 매우 중요하다.

-지붕일체형 BIPV모듈의 단열성은 면적이 넓은 지붕을 통한 에너지 소비에 큰 영향을 미칠 수 있다.

-기후에 대한 건축적 성능으로서 풍우에 대한 내후성, 내습성 그리고 바람에 대한 기밀성능에 대한 특성을 만족 시켜야한다.

-건축 구조적 성능으로 결합 및 고정의 안정성과 내외 부하중의 전달 성능을 비롯한 물리적 힘에 의한 내구성이 확보 되어야한다.

-거주자 보호성능으로 공간 확보를 위한 차단성, 오존 및 자외선 차단과 유해물질의 차폐성능이 있어야한다.

-적용사례를 통해 외국에는 이미 다양한 지붕일체형 BIPV모듈이 존재하고, 이에 의한 건축적 응용도 뛰어난이 확인되고 있다.

후 기

이 논문은 산업자원부 지원, 에너지관리공단 신·재생 에너지센터의 “지붕재용 금속일체형 태양전지 모듈의 개발” (과제번호 2004-N-PV12-P-09-0-000)과제 지원에 의해서 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Claudia Lueling 저, 이웅직 역, 건축과 태양광 발전, 세진사, 2005
2. 이웅직 외 1인, PV의 건축물 적용기법에 관한 연구, 한국태양에너지학회 논문집, Vol.22 no.2, 2002
3. 임종욱 외 3인, 태양전지 시스템의 건축물 외피 적용 가능성에 관한 연구, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, 계획계 Vol.22, n.2, 2002
4. 이소미 외 2인, 지붕용 BIPV모듈의 건축적 요구 성능 및 적용 사례 고찰, 한국생태환경건축학회 추계학술발표 논문집, 2005
5. 윤종호 외 3인, 건물외피용 태양광발전 BIPV 모듈개발 연구, 한국생태환경건축학회 논문집, Vol.4, no.3, 2004
6. 건설도서 편집부, 지붕과 벽의 구법 시스템, 건설도서, 1998
7. SAINT-GOBAIN, GLASS SOLAR 카탈로그, 1998
8. Ingo Hagemann, Gebaudeintegrierte Photovoltaik, Rudolf Mueller, 2002
9. Flachglas Markenkreis, Glashandbuch 2003
10. www.iea.org
11. www.ecn.nl