

건물외피용 태양광발전 BIPV 모듈 개발 연구

Development of Building Integrated PV(BIPV) module for the replacement of commercial building envelope materials

윤종호* 김종일** 이길송*** 유권중****
 Yoon, Jongho Kim, J.I Lee, K.S. Yu, G.J.

Abstract

As Building Integrated Photovoltaic(BIPV) system replaces the conventional building finishing materials with PV modules, two function of electricity generation and building envelope can be expected. Therefore BIPV can be a good alternative technology for the 21 century environment-friendly buildings. The objective of this paper is to develop BIPV modules for a commercial buildings of which structure is mainly light-weight, curtain wall system. Two types of module are developed for a opaque part and a transparent part of building envelope. Current technology level and market status of Korea determines the configuration of developed BIPV modules. Architectural considerations for the integration of PV module to building envelope such as building structure, construction type, safety, regulation, maintenance etc. have been carefully reflected from the early stage of BIPV module design. Especially the survey result of current building envelope materials determines the size of unit BIPV modules and a unique cladding method for PV module installation is developed. Trial product of BIPV modules and cladding hardwares are manufactured and sample construction details for a demonstration building are proposed.

Keywords : Building Integrated PV, Module, Solar Cell, Envelope, Cladding, Building material

1. 서론

태양광발전(PV ; Photovoltaic)은 특별한 유지관리, 공해 1) 및 재료의 부식 없이 간단하게 태양광을 이용하여 전기를 생산하는 기술로 다양한 응용분야가 있지만, 그 중에서도 특히 PV를 건축물의 외피 마감 재료로 대체하는 건물일체형 태양광발전(BIPV ; Building integrated PV) 모듈에 대한 기술개발 및 보급이 전세계적으로 활발히 진행되고 있다

건물일체형 태양광발전시스템(이하 BIPV로 표현)은 PV 모듈을 건축 외장재용으로 전자재화하여, 건물 외피에 적용함으로써 경제성을 포함한 각종 부가가치를 높여 보다 효율적으로 PV 시스템을 보급활성화 시키려는 개념이다. BIPV 시스템은 전기에너지 생산이라는 본래의 기능 외에

외벽, 지붕, 창호, 파사드, 차양장치 등의 건축외장재를 대체함으로써 다기능적 역할을 수행한다.

특히 최근의 건물에서 흔히 나타나는 고가의 건축외장재를 대체할 경우 경제성은 더욱 높아지게 된다. 또한 기존의 독립형 태양광발전 시스템과 같이 부가적으로 PV 시스템을 위한 별도의 부지확보 비용과 PV 시스템 지지를 위한 구조물 건립비용이 필요하지 않으며, 전기부하가 발생하는 그 지점에서 발전이 됨으로 배송손실도 줄일 수 있는 장점이 있다.

이러한 이유로 인해 90년대 이후 세계 각국에서는 막대한 비용을 투자하여 BIPV를 위한 기술개발 및 지원사업을 강력히 추진하고 있으며, 중장기적 보급 목표 하에 매년 상당수의 건물일체형 태양광발전 시스템을 건립하고 있다. 국토면적이 협소하고 매년 전기에너지 수급 안정화에 어려움을 겪고 있는 반면, 일사조건이 매우 양호하고, 전통적으로 남향건물이 많은 우리나라의 경우 BIPV의 보급 환경은 매우 높은 수준이다.

국내 태양광발전(PV) 시스템의 총 보급량은 1998년까지 3.2MWp가 설치 보급되었으며, 이 중 대부분은 통신, 측정, 등대, 낙도전원을 위한 독립형 off-grid 시스템이 주를 이

* 한밭대학교 건축공학과 교수
 ** MA건축사사무소 소장
 ** 솔라테크(주) 부장
 *** 한국에너지기술연구원 센터장

루고 있으나, 96년부터 점차 주택 및 건물적용을 위한 BIPV의 비중이 증가하고 있다[1].

특히 2006년 대체에너지 보급목표 2% 달성을 위해서 총 150MW의 PV가 설치되어야 하며, 따라서 국내 여건상 계통연계형 BIPV가 유일한 해결책이라 볼 수 있다. 이러한 배경 하에 2002년 대체발전전력 구매제도가 국회에서 입법 화됨으로서 계통연계형 BIPV의 국내 보급시장 기반이 확립된 상태이며, 2000년 이후부터 지역에너지사업, 대체시 범보급사업, 그린빌리지사업 등 각종 정부지원 사업과 다양한 민간주도 사업을 통해 계통연계 BIPV 건물이 급속히 증가하고 있는 실정이다.

한편 PV 모듈을 건축 자재화하여 적용할 수 있는 건물 구성 요소는 지붕, 커튼월, 천장, 차양, 투명PV 창호 등 매우 다양하다. 그러나 PV 모듈을 건축외장재로 일체화시키기 위해서 구조, 시공, 법규, 안전, 내구성 등 수 많은 건축적 사항이 검토되어야 하며, 건물외피로 일체화되기 위한 단열성능 및 채광, 차음 성능 등의 건축 환경적 인자도 종합적으로 평가되어야 한다[2].

BIPV 기술의 개발 초기단계인 국내에서는 2000년대 들어 3대 중점사업의 하나로 태양광발전기술을 지정하고, 연구개발 및 보급 사업을 확대하고 있다. 관련 선행연구로는 기술동향 분석^[1]이나, 건축적 적용을 위한 설계적 검토연구^{[2][3]}, 차양장치 시스템구성 및 태양추적기법 연구[4], 보급 적용을 위한 인식 설문조사 연구[5]등 BIPV를 위한 초기 단계적 연구가 최근 들어 활발히 수행되고 있으며, 주택 및 상업건물을 위한 태양전지 양산기술, BIPV 모듈개발 기술, 인버터 및 시스템 구성 기술 등은 정부 지원하에 현재 연구가 진행 중에 있다.

이러한 배경 하에 본 연구에서는 제반 건축적 요소를 고려하여 국내 최초로 건물 외피재료를 대체할 수 있는 건물 일체형 태양광발전(BIPV) 전자재 PV모듈을 개발하는 것이 주 목적이다.

개발될 BIPV 모듈의 주 적용대상 분야는 상업건물 커튼월 구조로 설정하였으며, 외벽부 대체를 위한 불투명 BIPV 모듈과 창호부 대체를 위한 투명 BIPV 모듈 등 2가지 방식의 모듈을 개발하였다. 본 논문에서는 불투명모듈에 대한 개발결과를 제시한다. 태양전지(solar cell)는 국내 생산이 가능한 단결정 태양전지를 적용하였다.

본 연구의 개발대상 BIPV 모듈의 사양 및 부착 방식은 현재 국내의 기술 수준 및 시장여건을 고려하여 결정하였으며, 구조, 시공, 법규, 안전, 내구성, 유지 보수성 등 각종 건축적 고려요소를 배려하여 모듈 설계를 수행하였다. 특히 PV 단위 모듈의 크기는 기존 관련 건축외피재의 시장 조사 및 이에 따른 결과분석을 통해 결정되었으며, 모듈의 부착 시공방법도 국내 외벽 시공방식의 광범위한 현장조사를 기반으로 국내 실정에 적합한 부착방식 및 하드웨어를 설계 제작하였다.

2. BIPV용 모듈의 종류 및 모듈설계 고려요소

2.1 PV 모듈의 구조 및 종류

PV모듈은 종류에 따라 다양한 구조로 개발될 수 있으며, 가장 일반적인 유형은 알루미늄 프레임의 판형 PV모듈 구조이다. 판형 PV모듈은 태양전지를 보호하기 위한 전면 유리커버와 이를 접합시키기 위한 EVA(Ethylene/vinyl acetate) 필름 및 테드라 또는 유리 등의 후면기판을 라미네이션(Lamination)을 통해 접착한 후, 알루미늄 등의 프레임으로 마감해 제작된다. 그림 1은 일반적인 PV모듈의 구조를 나타낸다.

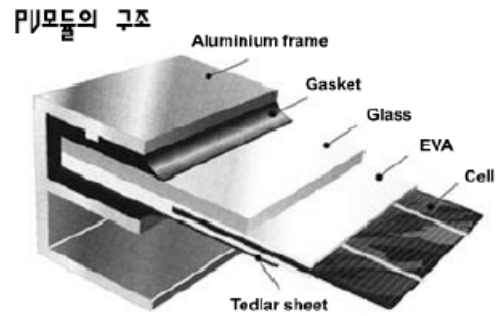


그림 1. 판형 PV모듈의 구조

BIPV용 PV모듈은 건축 외장재 또는 차양장치 등과 같이 부가적인 기능을 추가적으로 수행해야 함으로 기존의 독립전원형 PV모듈과 달리 다양한 형태가 개발 출시되고 있다. 현재 세계적으로 약 120여종의 건물용 BIPV 모듈 상업화 제품이 출시되어 시판, 설치 중에 있다[6].



그림 2. 현재 시판중인 다양한 형태의 BIPV 외피용 PV모듈

PV모듈 종류의 구분은 그 방식에 따라 다양하게 분류될 수 있다. 가장 기본적으로는 모듈에 적용된 태양전지의 종류에 따라 그림 2의 예와 같이 판형의 결정 실리콘계와, 박막 필름형태의 아몰프스 실리콘계로 구분할 수 있다. 또한 건물 외피에 적용되는 용도에 따라 지붕용 기와 및 타일형태, 외벽용 타일, 커튼월, 패널, 차양장치용 패널 등 용도별로 구분할 수도 있다.

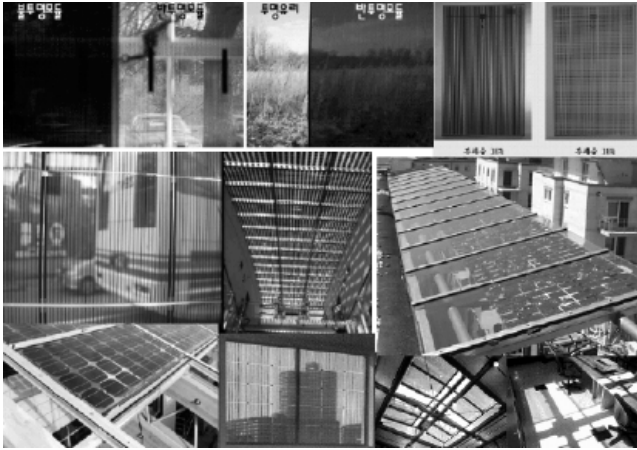


그림 3. 채광/조망이 가능한 창호 대체형 투명 및 반투명 PV모듈

그림 3은 건물 외피의 유리창을 대체하여 발전과 동시에 채광 및 조망 기능을 제공할 수 있는 투명 및 반투명 BIPV 모듈의 예를 나타낸다. 대부분 박막 필립형 아몰포스 계열 태양전지로 구성된 이 계열의 모듈은 결정계 판형 모듈에 비해 효율은 낮지만 건축과의 통합 유연성이 매우 크기 때문에 BIPV 분야에서 크게 주목받고 있는 모듈형태이다.

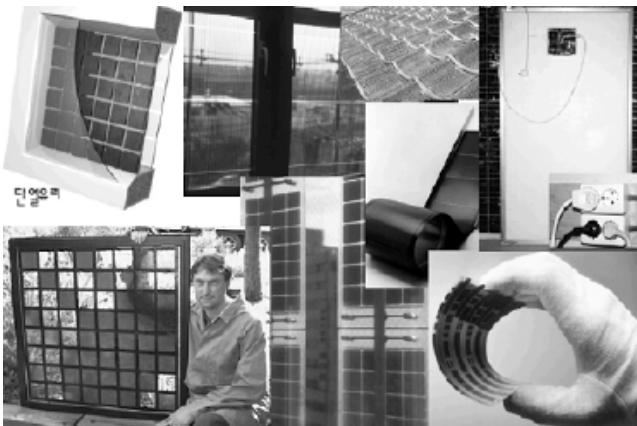


그림 4. 혁신적 개념의 각종 BIPV 모듈

BIPV는 기본적으로 건축외장재와의 결합을 목표로 하기 때문에 현재 개발되어 있는 BIPV용 모듈 이외에도 매우 다양한 형태와 목적의 모듈이 개발될 수 있는 유연성을 가지고 있다. 단열유리와 태양전지를 결합한 형태, 연료감응형(dye-sensitized) 태양전지 모듈, AC 전원형 모듈, 알루미늄 프레임이 없는 형태의 PV 모듈 등이 좋은 사례이다. 그림 4는 혁신적 개념이 적용된 다양한 형태의 태양전지 모듈 사례를 예시한 것이다.

한편 최근에는 태양전지와 태양열을 복합한 광/열 복합(PV-Thermal Hybrid) PV 모듈에 대한 개발이 활발히 진행되고 있다. PV 시스템은 수광하는 태양복사의 극히 일부분만을 전기로 변화시키며, 나머지는 모두 열로서 손실된다. 따라서 이 열을 효과적으로 회수할 경우 태양열/광 복합 집열기로 이용하여 효율을 극대화할 수 있다. 이 경우 PV

판 뒷면이 냉각되기 때문에 PV의 발전효율을 약 10%까지 높일 수 있는 이중효과가 있다. 그림 5 및 그림 6은 태양열과 태양광을 동시에 활용하는 집열 집광기의 개념 및 실제 시제품 사례를 예시한 것이다.

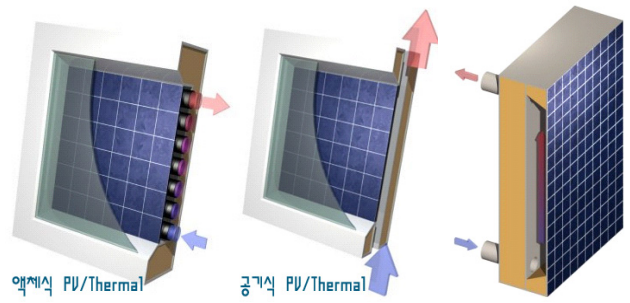


그림 5. PV/Thermal 광열복합 PV모듈의 개념도

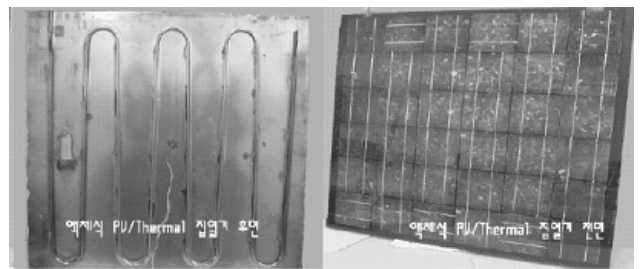


그림 6. PV/Thermal 집열기의 전 후면

2.2 PV모듈과 건물외피의 결합수준 및 방법

PV모듈을 건물 외장재로 대체하는 방법은 건물과의 결합수준에 따라 크게 완전일체형과 단순거치형으로 대별할 수 있으며, 부착방식 및 통기구조에 따라 보다 세부적으로 구분할 수 있을 것이다. 그림 7은 지붕재를 대상으로 결합수준에 따라 6단계로 구분한 예를 나타낸 것이다.

(1) 일체형 결합방식 : ①~③은 모두 지붕일체형 또는 통합형 방식으로 부착방식에 따라 ①타일형과 ②프로파일형으로 구분되며, 온도에 따른 발전성능을 개선하기 위한 ③통기구조식으로도 응용가능하다. 이 방식은 기존의 건축 마감재 대신 PV 모듈을 건물의 지붕 또는 벽의 외장 마감재로 사용하는 것으로 전기를 생산하는 본래의 기능 이외에는 건축적인 기능성을 갖는다. 기존에 사용된 건물 외피 마감재료를 PV모듈로 대체함으로써 시설비용을 절감할 수 있는 부수적 효과를 가질 수 있다.

PV모듈은 건물의 가장 바깥층을 이루는 형태로 주로 신규 건물 적용되며, 일반적으로 외관상 깨끗한 건물과 어울리며 건물외피의 교체를 포함하는 건물 개보수의 경우에도 이러한 PV시스템이 적용 가능하다.

(2) 매립 또는 부착형 결합방식 : ④ 또는 ⑤의 예에서 나타낸 바와 같이 이 방식은 PV 모듈을 지붕 또는 벽체와 같은 수준에서 건물의 외피와 평행하게 매립 또는 덧붙이는 형식으로 설치가 비교적 간단하고 건물에 주는 시각적 이미지는 독립적 설치방법처럼 두드러지지 않는 반면, 최적의 설치각도를 유지할 수 없는 한계가 있다.

(3) 단순 거치형 독립식 결합방식 : 그림 7 ⑥의 예와 같이 기존 건물과 평평한 슬래브 지붕에 쉽고 간단하게 적용할 수 있는 방법으로, 태양광 시스템은 건물 외피와는 별도로 구조물 상부에 부착하는 형태로 최적의 방향과 경사각을 유지하는 것으로 현재 국내의 공공건물과 학교에 일반적으로 적용되고 있는 방법이다. 그러나 이런 방법은 건축의장적 측면에서 부정적효과를 가지고 있으며, 건물 외장재의 절약을 유도할 수 없는 공법으로 설치비에 부담을 갖는 등 BIPV의 본 목적과는 어느 정도 거리가 있는 초보 단계의 건물 응용방식이라 하겠다.

4) 기타 차양장치 및 채광 등의 결합방식 : 건물 마감재를 대체하는 대신 캐노피 또는 오버행, 어닝 등의 차양재를 PV모듈로 대체하여 건물과 결합하는 방식도 가능하며, 또한 창호재를 대체하여 채광 및 조망이 가능하면서 발전도 하는 형태로 결합할 수도 있다.

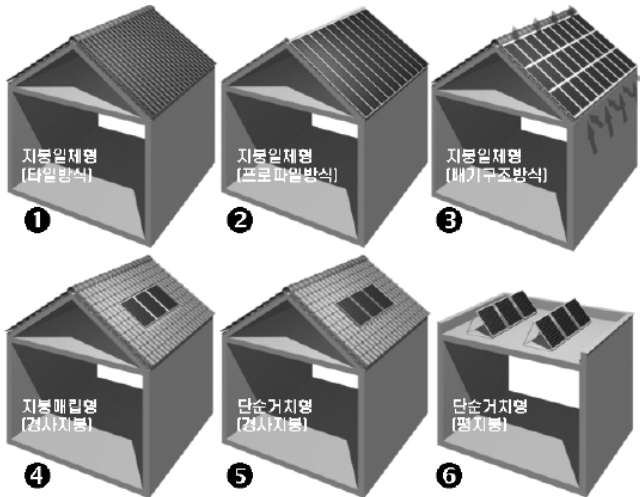


그림 7. PV모듈을 건축외장재로 결합하는 수준에 따른 분류

2.3 기타 PV 모듈 설계를 위한 건축적 고려요소

BIPV를 위한 PV 모듈은 건축자재의 일환으로 건물에 적용되기 때문에 PV 자체의 성능 외에도 모듈의 치수, 디자인, 시공성, 적용부위 등등 다양한 형태의 요소가 모듈 설계과정에 반영되어야 한다.

BIPV 모듈설계를 위해 필수적으로 고려되어야 하는 사항을 검토하면 다음과 같다. 우선 모듈의 강도 및 내구성은 기본적으로 원래의 건자재가 요구하고 있는 성능을 만족할 필요가 있으며, 태양전지를 넣고 조립되는 PV모듈은 건자재의 기능뿐만 아니라 전기적 성능도 만족할 필요가 있다. 결정계 태양전지의 경우 태양전지 출력특성의 노화는 거의 없다고 생각할 수 있기 때문에 태양전지 충전 재료의 절연 특성 노화 등에 충분한 주의가 요구된다. 특히, 건물 외피를 대상으로 하는 발전시스템은 규모가 큰 계통연계시스템이 주를 이루기 때문에 직류전압도 200~500V로 높아진다. 이 경우 절연 특성의 노화는 누전의 원인을 제공하게 되며, 충전재의 적외선이나 열에 의한 변색 현상이 일어나며 외벽재로서 변색은 건물의 미관을 손상하게 됨으로 이에 대

한 고려가 반영되어야 한다.

PV모듈의 불연성 및 난연성과 관련하여 건축물의 내화구조는 건축법 및 소방법에 의하여 규정하고 있지만, 요구되는 성능 수준은 건물의 종류, 용도, 규모 등에 따라 각기 다르다. 특히 PV모듈이 외장재로 부착되는지 내장재로 부착되는지의 여부에 따라 큰 차이를 가지게 된다. 한편 창호 대체를 위한 투명형 Grass/Grass 모듈은 지금 까지 선행사례가 전혀 없기 때문에 유리, EVA, 설치구조, 기타 재료 등에 대하여 불연 및 난연성을 충분히 검토하여 관련법규를 정비할 필요가 있다고 판단된다.

한편 BIPV의 또 다른 핵심 고려요소 중의 하나는 미관 및 의장성과 관련된 것이다. 건물 외피요소로 적용되는 PV 모듈은 그 건물의 이미지를 결정하는 핵심적 요소이기 때문에 모듈 설계시 건축과의 조화성, 모듈의 형상과 색상, 결합방식 및 마감방식 등 의장적 요소에 대한 세심한 배려가 반영되어야 한다.

기능적 측면과 관련해서는 PV 모듈의 프레임에 의한 자체 음영이 배제되도록 설계해야 하며, 발전 성능 개선을 위해 PV 모듈 후면의 환기구조를 고려하는 것도 바람직하다. 또한 유지보수를 고려해 모듈의 설치 및 제거가 용이하도록 해야한다. 대부분의 PV모듈 수명이 20년 이상 보장되지만, 1-2개의 모듈에 이상이 생길 경우 전체 모듈을 제거하지 않고 부분적으로 착탈이 용이하게 설계하는 것이 중요하다. 이러한 이유 때문에 전기 배선도 연결 즉시 작동하도록 하는 형태가 바람직하다. 또한 모듈 표면의 청결 유지에 대한 고려가 필요하며, 모듈의 신속한 설치 및 교체 를 위해 전기 결선의 용이성 또한 모듈 설계시 매우 중요한 고려 요소이다. 한편 모든 결선은 방수가 필요하며, 배선일사 및 자외선으로부터 경화되는 것도 방지해야 한다.

3. BIPV 모듈의 설계 및 시작품제작

상업용 건물의 외피를 대체하기 위한 BIPV 모듈의 설계를 위해서는 앞서 고찰한 바와 같이 각종 다양한 건축적 설계변수가 고려되어야 한다. 특히 PV 모듈의 개발을 위해서는 PV 모듈의 기본 규격 및 설치 시공방법이 무엇보다도 중요한 요소가 될 것이다. 따라서 본 연구에서는 국내 건축 외장재의 생산규격 현황조사를 통해 상업용 건물의 외피소재로 가장 일반적으로 적용될 수 있는 치수를 도출하였다. 또한 도출된 외장재 치수에 따라 본 연구에서 개발하고자 하는 BIPV모듈의 발전용량별 PV모듈의 기본설계를 수행하고, 이 모듈에 대한 효과적 건물 시공 디테일을 개발하였다.

3.1 개발 모듈의 규격 결정

국내에서 생산되어 시공되는 외장용 패널은 매우 다양하지만 본 연구 성격에 부합되는 재료는 크게 6가지로 샌드위치패널, 압출성형 콘크리트 패널(베이스패널), 발포 폴리스티렌 경량콘크리트, 압출성형 시멘트패널, 압출성형 경량콘크리트 패널, 알루미늄 복합패널 등으로 구분할 수

있다. 본 연구에서는 BIPV 모듈의 치수 결정을 위해 상기 외장용 마감재의 생산치수를 조사하였다.

조사결과 이들의 생산치수는 KS의 규정에 따라 생산되는 것도 있지만 대부분의 경우 패널의 부속으로 사용되는 건축자재의 치수규정에 의해 생산이 되고 있었으며, 이렇게 생산되는 외장용 패널중에서 가장 많이 시공되는 치수는 폭 600mm일때, 길이 2700mm와 3000mm, 2400mm이며, 그 다음의 비중을 차지하는 치수는 폭 600mm일때, 길이 2500mm, 폭 900mm일때, 길이 900mm, 1200mm, 1800mm 등이었다. 조사결과에 나타난 바와 같이 국내 건축자재의 대부분은 300mm 기본수치를 중심으로 그에 따른 배수형태로 생산 출시되고 있으며, 현재 가장 많은 빈도를 나타내는 치수는 폭 600mm 및 900mm, 길이방향으로는 2400~3000mm의 범위를 보이고 있다.

한편 BIPV용 모듈 치수의 결정을 위해서는 건축외장재로서의 규격이외에 태양전지의 발전용량도 매우 중요한 변수이다. 일반적으로 PV 단위모듈의 발전용량이 30W, 50W, 100W 등의 형태로 분류된다고 가정할 경우, 현재 조사된 길이방향의 최대 빈도수를 나타내는 치수는 최적값과 일치하지 않는 것으로 판단된다. 이에 따라 본 연구에서는 건축설계사무소를 대상으로 건축 외장재 디테일 개발에 따른 일반적 모듈 크기에 대한 방문조사를 수행하였으며 그 결과 600*450mm, 600*600mm, 600*900mm, 600*1200mm, 600*1500mm, 900*1200mm, 900*1500 등이 가장 일반적 규격으로 조사되었다.

따라서 본 연구의 1단계 목표인 50W 규모급의 상업건물용 불투명 PV모듈의 시작품 기본 수치는 알미늄 프레임 을 포함한 최종 규격을 600mm * 900mm 으로 결정하였다.

3.2 불투명 BIPV 모듈의 설계 및 시작품

그림 8은 앞서 결정된 600mm*900mm 기본규격을 가지고 제반 건축적 고려사항을 반영하여 최종적으로 도출된 상업건물 불투명외벽용 BIPV 모듈의 설계결과의 한 예이다.

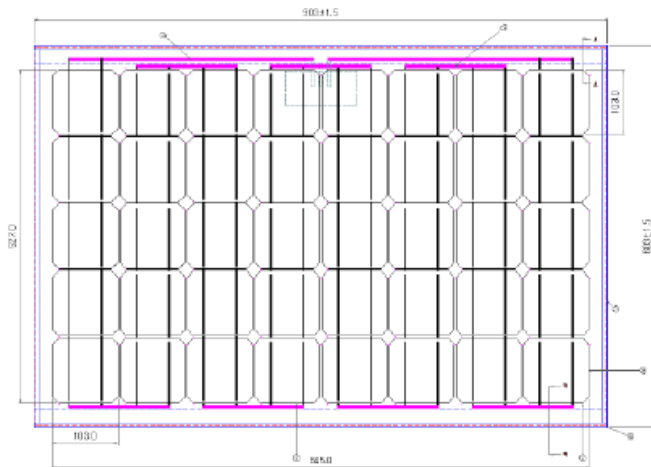


그림 8. 600*900 규모 불투명 BIPV 모듈의 설계결과 (전면부)

현재 국내에서 가장 많이 사용하는 103 * 103mm의 단결정 태양전지(solar cell)을 사용하고, 유리는 저철분유리로 두께 3.2mm의 투과율 평균 91.4%(파장 0.5 ~ 1.1um)로 안쪽 면은 텍스트 처리된 강화유리를 적용하였다. 또한 불투명 소재인 백시트(backsheet)대신 테드라(tedlar)를 이용하여 초도 시제품을 파사드형의 모듈로 유도하였으며, 태양전지를 밀봉하는 EVA는 투명형 GLASS/GLASS 모듈에 사용하는 EVA를 사용하였다. 알미늄은 아노다이징 표면처리가 된 후면 마운팅 구조의 형태를 유지하였다.

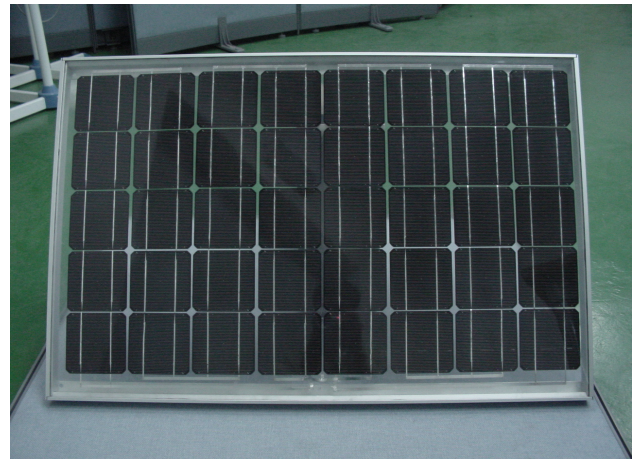


그림 9. 600*900 규모 불투명 BIPV 모듈의 시작품 전경

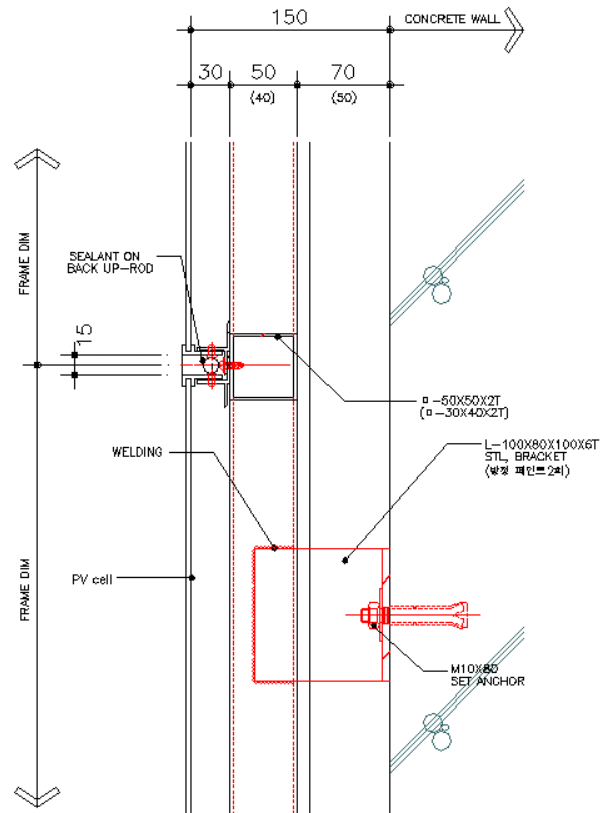


그림 10. 개발된 PV모듈의 시공디테일 수직 단면도

결정된 치수에 따라 태양전지를 배열한 결과 단위모듈의 정격용량은 60(Wp)이며, 정격전압 19(V), 정격전류 3.15(A), 무게 6.2(kg), 외형 900(W)*600(H)*35(D)mm의 최종 사양을 가진다.

그림 9는 시제작된 불투명 모듈의 전경을 나타낸 것으로 라미네이팅 후 모듈에 알루미늄 프레임이 결합된 후의 상태이다.

한편 PV모듈을 외벽에 부착하는 시공방식 및 이에 따른 관련 하드웨어의 설계도 매우 중요한 설계 요소이다. 본 연구에서는 국내 건축현장에서 일반적으로 수행되고 있는 주요 외장재의 시공방법 및 디테일을 조사 분석하고, BIPV를 위한 제반 건축적 설계 고려요소를 반영하여 그림 10과 같은 시공디테일을 개발하였다.

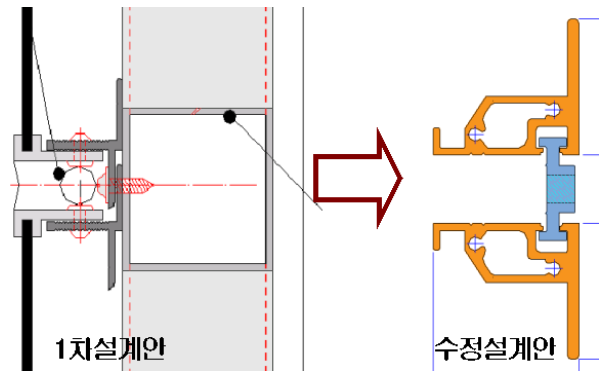


그림 11. 모듈 결합방법 디테일 1차설계안 및 수정설계안



그림 12. 모듈 결합방법 디테일 구조의 투시단면도

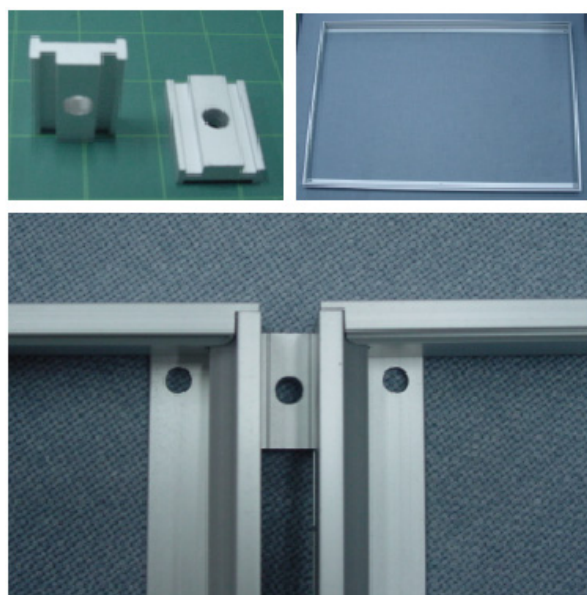


그림 13. 모듈 부착용 하드웨어 시작품

여기서 PV 모듈은 콘크리트면에 부착하는 것을 가정하였다. 시공순서는 우선 철제 브라켓을 앵커를 이용해 콘크리트에 부착한 후, 콘크리트면에 단열재를 시공한다. 여기서 단열재는 60mm를 기준하였다. 단열재와 약 10mm 공간층을 이격시킨 거리에 □자형 스티드를 브라켓에 부착 시공한다. 최종적으로 PV모듈은 스티드에 리벳팅하여 고정시킨다. 스티드의 두께는 50mm이며 따라서 스티드와 단열재 사이에는 약 10mm의 공기층이 형성되며 이를 통해 상하부의 자유로운 공기유동을 기대할 수 있도록 계획하였다. 물론 단열재의 두께 및 스티드와 단열재 사이의 공기층 두께는 필요에 따라 자유로이 그 치수를 변형할 수 있다.

한편 그림 11은 PV모듈이 스티드에 접합되는 부위를 확대하여 도식한 것으로 좌측 디테일이 최초 제안된 설계안이며, 시공편의성 및 의장성, 유지 보수성 등을 고려하여 우측과 같은 최종 설계안을 수정 제시하였다. 그림 12는 개발된 시공디테일에 따라 모듈을 부착 결합하는 개념 투시도를 나타낸 것이며, 그림 13은 설계에 따라 시제작된 시작품으로 긴걸 하드웨어(상부좌측) 및 모듈프레임(상부우측)과, 이를 이용해 모듈을 시범 결합한 전경(하부)을 나타낸다.

PV모듈이 스티드에 접합된 후에는 테이핑 작업과 함께 실런트 등을 잔여공간에 주입함으로써 최종 마감을 하게 된다. 모듈의 설치 후에 부분적인 파손 및 유지보수의 필요성이 발생할 경우 마감된 실런트를 간단히 제거한 후 리벳을 풀면 손쉽게 모듈별로 제거 및 교체, 수리가 용이하게 수행될 수 있도록 고려하였다.

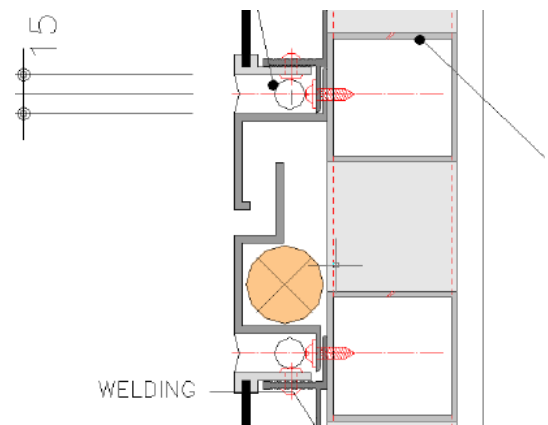


그림 14. 전기배선용 레이스웨이 설치부위 상세도

한편 그림 14은 PV모듈의 접합부위와 레이스웨이 설치부위에 대한 디테일이다. 레이스웨이에 대한 기본적인 설치 및 운영방법은 2-3개의 수직 PV모듈 사이마다 레이스웨이를 통해 배선연결 창구를 제공한다는 개념이다. 레이스웨이의 설치를 위해 □자형의 2개 철물을 새로이 설계하였으며 이를 상하부에 교차 배치하고 물끊기와 함께 이 사이에 레이스웨이를 설치하는 방식으로 계획하였다. 레이스웨이는 배선 및 유지 보수의 편의성을 위해 고려한 것이지만 또 다른 측면에서는 PV모듈 후면부의 효율적인 환기

및 배기를 통해 냉각효과에 따른 PV모듈의 발전성능 향상을 도모하고자 하였다.

각 모듈간의 배선은 스테드 후면의 단열재간 공기층을 통해 서로 연결되며, 이 배선이 모두 레이스웨이를 통해 다른 어레이와 연결시키는 형태이다. PV모듈의 냉각을 위한 배기 흐름도 배선흐름과 동일한 경로를 의도한 것이다.

배선 레이스웨이에 대한 계획안은 순수히 계획적 측면에서 시공디테일을 제작한 것이며, 실제로 효율적인 배기 및 이를 통한 냉각효과는 추후 유동 시뮬레이션 및 실제 스케일 모델을 통한 실측 실험을 통해 입증되어야 할 것이며, 또한 단열재와 스테드 사이의 적정 공기층 두께 및 레이스웨이 철물의 적정 형상 등에 대한 최적화 설계도 추후 진행되어야 할 것이다.

4. 결 론

미래의 건물통합형 태양광 발전시스템의 발전 잠재성은 무한하다고 할 수 있으며, 지금 현재도 수많은 기업들에 의해 특화된 BIPV 모듈 및 시스템이 급속도로 개발 상업화되고 있다. 이미 세계적으로 50만 이상의 주거건물에 PV를 이용한 발전시스템이 적용되어 있으며, 계통선과 연계된 BIPV 상업용 건물도 수천 개에 이르고 있다. 주거건물 및 상업건물용 BIPV 시스템은 가까운 미래에 여러 PV 응용분야 중에서도 가장 큰 시장을 형성할 것으로 기대되고 있다.

주거 및 상업용 건물은 BIPV가 적용될 수 있는 충분한 공간, 즉 외피면적을 제공할 여건이 이미 형성되어 있으며, 기존 건축 외장재의 재료비 및 시공비를 상쇄하는 개념으로 PV를 적용함으로써 경제성을 확보하고, 부하가 발생하는 지점에서 발전을 함으로서 분배 및 전송에 따른 비용과 손실을 절감할 수 여러 장점을 가지고 있다. 또한 무엇보다 지구환경 및 에너지 문제에 대한 전 세계적 우려 상황에 대해, 친환경적 철학 및 노력에 대한 이미지를 건물을 통해 부여할 수 있다는 측면에서 매우 큰 상징성을 가지고 있는 것이다.

그러나 국내 BIPV 기술개발 수준은 2000년대 초에 이르러 기초연구를 착수한 도입초기 수준이다. BIPV 기술은 기존의 독립형 PV 응용기술과 같이 공학적 접근만으로 모든 문제를 해결할 수는 없다. 건축가, 건물엔지니어 등 여러 분야의 다양한 전문가가 추가되어 더욱 복잡하고 어려운 과정을 거쳐 해결안을 도출해야만 한다. 또한 BIPV는 기술적 문제 외에 궁극적으로 건물 구성체의 일부로서 의장적 역할 및 건물 이미지에 연계되기 때문에 또 다른 차원에서의 접근방법이 필요한 것이다. 결국 국내 BIPV 시장의 성공을 위해서는 초기단계부터 PV 기술분야와 건축 기술 분야의 유기적 협력관계 및 공조체계가 무엇보다 중요한 요인이며, 이를 위한 다양한 노력이 경주되어야 한다.

이러한 배경 하에 본 연구에서는 상업건물용 BIPV모듈의 개발을 위해 건축적 측면에서 접근한 각종 BIPV 통합화 기술에 대한 제반 기술적 고찰을 수행하였으며, 이에 근거해 상업건물용 불투명 BIPV 모듈 및 부착시공 디테일을

설계하고 시작품을 개발 제시하였다.

한편 본 개발 시작품을 적용하여 국내 최초로 외벽일체형 BIPV 건물을 설계 시공하였으며 이에 대한 세부적 시공 사례는 추후 논문으로 발표할 예정이다.

(본 논문은 산업자원부 에너지 자원 기술개발 사업의 일환으로 수행된 과제의 일부 결과입니다.)

참고문헌

1. 유권중 외 1인 “태양광발전기술의 현황과 전망”, 한국설비협회, vol19, No.6. 2002. 6
2. 윤종호, “건물통합형 태양광발전(BIPV) 시스템의 설계요소 및 접근방법”, 에너지관리공단산하 태양광발전기술연구회, 제1회 태양광발전기술세미나, 2001.10
3. 임종욱 외 3인 “태양전지 시스템의 건축물 외피 적용 가능성에 관한 연구”, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집(계획계) : v.22 n.2 (2002-10)
4. 강성범 외 3인 “수직 외벽면에 적용 가능한 태양전지 시스템의 트래킹 기법에 관한 연구” 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집(계획계) : v.22 n.2 (2002-10)
5. 이충국의 2인, “태양광발전 시스템의 건물적용에 대한 인식조사 연구”, 한국태양에너지학회 논문집, vol23 no1. 2003. 3
6. 윤종호, “BIPV를 위한 PV모듈의 전자재화 기술동향”, 한국태양에너지학회 저널, 태양에너지, Vol 2, 2003. No 4. 2003. 12.