

[논문] 한국태양에너지학회 논문집
Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol. 25, No. 4, 2005

고정식 집속형 PV모듈 복합패널의 BIPV적용성 검토

서유진*, 허창수**

*인하대학교 전기공학과(sssjin@chol.com), **인하대학교 전기공학과(cshuh@inha.ac.kr)

A Study on the Application of Fixed-concentrated PV Module Hybrid Panel for BIPV

Seo, Yu-Jin*, Huh, Chang-Su**

*Dept. of Electrical Engineering, Inha University(sssjin@chol.com)

**Dept. of Electrical Engineering, Inha University(cshuh@inha.ac.kr)

Abstract

The verified thermal efficiency, thermal capacity confirmed the effects of the cooling system. Therefore, it is useful for preventing the PV cell temperature rising when solar radiation accumulates in summer. When adopting a hybrid panel for the BIPV system, the affected areas include the vertical outside walls facing the south, southeast, and southwest on the curtain walls excluding windows. The standards on replace aluminum panel which were the popular exterior material were investigated, Designing practice made sure that it could be manufactured in various sizes, and confirmed the most proper method to install a hybrid panel in the BIPV system.

Keywords : 태양에너지(Solar energy), 복합패널(Hybrid panel), 일사량(Solar Radiation), 건물일체형 태양전지 (BIPV : Building Intergrated photovoltaic.)

1. 서 론

현재 우리나라 에너지 사용량 중 상당부분을 차지하고 있는 화석에너지는 온실가스 발생의 주 원인으로 지적되고 있다. 또한 교토의정서에 의한 기후변화 협약에 의해 2차 공약기간 중에는 온실 가스 감축의무에 대한 부담이 가시화 될 것으로

전망되고 있다. 따라서 화석에너지를 대체할 수 있는 청정에너지의 개발과 보급이 매우 필요하며 이러한 관점에서 무한정하며 유해물질의 발생이 없는 태양에너지의 보급과 확대는 그 대안이 될 수 있다. 그중에서 총 소비량의 큰 비율로 에너지를 소비하고 있는 건축물에서의 태양에너지 이용은 큰 의미를 갖는다.

접수일자:2005년 10월 28일, 심사완료일자:2005년 12월 10일

일사열의 축적으로 모듈의 온도가 상승하게 되면 변환효율이 급격하게 저하되는 특성으로¹⁾ 건축물에서의 적용 장소가 모듈의 전후에 통풍 공간 확보가 용이한 지붕으로 국한되고 있어 태양광 발전의 이용에 장애요인으로 작용하고 있다. 현재 건축물의 외벽 면을 태양전지 모듈의 설치장소로 적용하기 위한 연구가 진행되고 있으며²⁾ 그 중에서도 PV모듈이 전력생산이라는 본래의 기능 외에 건축물의 외피기능을 겸하는 BIPV시스템에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있다³⁾.

본 연구의 목적은 PV모듈의 냉각기구를 적용하고 흡수된 열 에너지를 유효하게 회수하여 이용함으로써 자체적으로 모듈 냉각기능을 갖는 동시에 열에너지를 생산할 수 있는 고정식 집속형 복합패널의 BIPV시스템에서의 적용성을 제작규격과 부착공법을 중심으로 검토하는 것이다.

2. 복합패널의 구조

2.1 패널의 구성

100 mm × 100 mm, 크기의 태양전지 60장을 전체 4줄로 배치하였다. 패널의 내부에 태양 에너지를 집속할 수 있는 고정식 집속기를 태양전지의 좌우 양측에 적용하였으며 PV모듈을 냉각시

키고 흡수한 열에너지를 유효하게 이용할 수 있도록 냉각기구와 열 전송 시스템을 접목하였다.

또한 패널 내부의 오염과 열손실을 방지하기위해서 유리 덮개를 사용하였으며 패널의 하부에 단열을 실시하였다. 복합패널의 구성 및 재료를 표 1에 나타내었다.

2.2 집속기의 구조

집속기는 비추종형 고정식으로서 V-through 형식으로 허용 반각내의 방향으로부터 집속기의 입구에 충돌하는 태양광선들이 단반사나 그이상의 다반사후에 수광부로 입사하도록 하였다.

집속비 C는 그림 1에서 식 (1)으로부터 산출할 수 있다⁴⁾.

$$C = \frac{\text{Aperture Width}}{\text{Absorber Width}} = \frac{2X_1}{2X_0} \quad (1)$$

$$X_n = \frac{1}{\alpha_n - \beta_n} (\alpha_n X_{n-1} + \beta_n X_0 - Y_{n-1}) \quad (2)$$

$$\alpha_n = \frac{\beta_n + \tan \delta}{1 - \beta_n \tan \delta} + \sqrt{1 + \left(\frac{\beta_n + \tan \delta}{1 - \beta_n \tan \delta} \right)^2} \quad (3)$$

$$\beta_n = \tan (2\theta_n - \delta - 90^\circ) \quad (4)$$

$$Y_n = \beta_n (X_n + X_0) \quad (5)$$

표 1. 복합패널의 구성 재료

Type		Flat Plate(Liquid)
Dimension(mm)		1750×1260×260
Transparent Cover	Material	Glass 3 mm
	Transmittance	0.90
Reflector	Material	Aluminium Coating
	Reflectance	0.95
Absorbing Panel	Design Method	Tube Bonding at Sheet
	Material	Aluminium 0.2 mm
Solar Cell	Material	Si
	Efficiency	0.11
Insulation	Material	Glass Wool
	Thickness	40mm

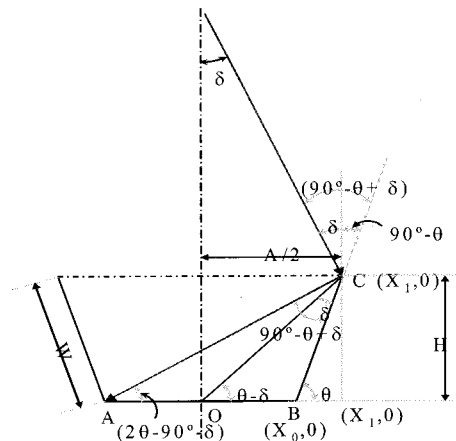


그림 1. 집속기의 기하학적 설계

반사판의 경사각도에 따른 집속비의 변화를 계산하여 그림 2에 나타내었으며 그 결과에 따라 집속비를 2로 결정하고 반사판의 각도를 75.5°로 하였다.

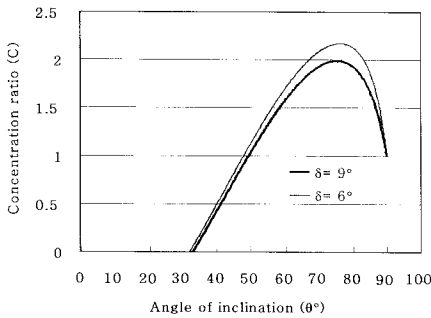


그림 2. 경사각에 따른 집속비의 변화

2.3 냉각기구의 구조

모듈의 냉각기구는 액체식 평판형 Heat Sink로 하였으며 알루미늄판을 집열판으로 하여 상부의 태양전지와 열전도성 접착제로서 접합한 구조이다. 이 구조는 태양전지에 축적된 열을 집열판이 흡수하고 순환되는 집열매체를 통하여 외부로 이송하는 기능을 갖게 된다. 그림 3은 냉각기구의 단면을 나타내며 그림 4는 복합패널의 단면으로 패널 내 기구의 배치를 나타낸다.

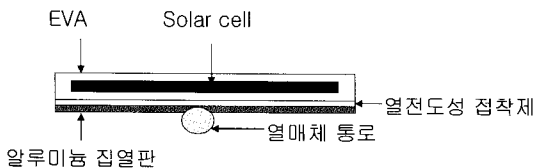


그림 3. 냉각기구의 단면

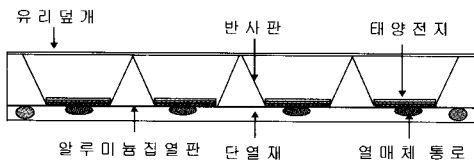


그림 4. 복합패널의 단면

3. 복합패널의 PV모듈 냉각성능

집속형 복합패널은 외형의 치수가 1130 mm × 2450 mm × 90 mm인 기존의 태양열 집열판과 비교하여 대등한 집열량을 가지며 기존의 태양열 집열기에서는 일사량이 증가하면 주변과의 온도차에 의한 열손실로 집열효율이 감소하지만 복합패널에서는 냉각기구가 패널내의 열을 흡수하므로 일사량의 증가와 함께 집열효율도 증가하는 특성을 가지고 있다. 따라서 집속형 복합패널의 냉각기구는 PV모듈의 온도상승으로 인한 효율저하를 방지하는 냉각성능을 가지고 있다⁵⁾.

4. 복합패널의 BIPV적용상 문제점 및 대책

4.1 제작규격

BIPV시스템은 전력생산의 기능 외에 외장재로서의 역할을 겸해야 하므로 복합패널을 외장재로서 적용하기 위해서는 그 규격과 형태가 외장재로서 적합하게 제작할 수 있어야 한다. 이 문제에 대한 해결방법은 기존 외장재의 사용형태를 조사하여 대체할 수 있는 외장재의 종류와 사용규격을 분석하고 복합패널을 이것과 부합하도록 제작할 수 있는가를 설계를 통하여 확인하는 것이다.

4.2 부착공법

패널의 부착공법은 현장에서의 적용성 검토에 있어 매우 중요한 위치를 차지한다. 복합패널은 일반 외장재와는 달리 제작과정에서의 품질확보가 매우 중요하다. 따라서 공장에서 패널의 제작을 완료한 상태로 현장에 반입하여 창호공사 등 다른 공종과 별개의 공정으로 부착할 수 있어야 한다.

4.3 외장재로서의 성능

건축물에서 외장재의 역할은 매우 중요하다. 외장재로서 필요로 하는 성능은 단열성, 내후성, 내화성, 내풍성, 차음성 등이 있다. 따라서 집속

형 복합패널의 제작, 조립 및 현장부착 등 공정의 과정에서 외부후레임, 단열재, 부착용 앵커 등 부재선정과 조립방법 등에 대한 고려가 필요하다. 또한 외장성 확보와 유지보수에 대한 대책이 필요하다.

4.4 배선, 배관

BIPV시스템에서는 일반외장재와는 달리 패널 상호간을 케이블과 배관재로서 접속해야 한다. 따라서 패널의 제작과 설치과정에는 외장재로서의 외관과 PV모듈로서의 성능확보가 동시에 고려되어야 한다. 또한 복합패널의 배선과 배관 역시 전체시스템의 성능에 영향을 미치므로 유연성, 내구성, 내후성 등과 함께 유지보수에 대한 대책이 고려되어야 한다.

5. 외장재의 사용형태

5.1 외장재의 종류와 특징

표 2는 외벽용 외장재의 종류와 주용도 및 특징을 나타낸다. 현재 주로 사용되고 있는 외벽용

표 2. 외장재의 종류와 특징

종류	주 용도	특징
알루미늄 복합패널	건물용도, 규모에 무관하게 적용가능	내구성,내화성, 차음성 우수 공기단축
범랑패널	건물용도, 규모에 무관하게 적용가능	단열성능은 이면 재료의 성능에 의존
화강석 계열	관공서, 사무용 건물에 적합 10층 이하의 중저층 건물	외부 미관 양호
외부단열 계열	건물용도에 무관하게 적용가능 10층 이하의 중저층 건물	단열성능 우수 시공성, 경제 양호
붉은 벽돌	구조체보다는 외부 치장용으로 적용 10층 이하의 중저층 건물	외부미관 양호
압출성형 시멘트 패널	공장 건물 10층 이하의 중저층 건물	시공성과 가공성이 금속재 패널에 비하여 불량.

외장재는 알루미늄복합패널을 비롯하여 범랑패널, 화강석 계열, 외부단열 계열, 붉은벽돌, 압출성형 시멘트 패널 등의 6종류이며 주로 적용하는 부위는 커튼월 부분이다^{6,7)}.

5.2 외장재의 사용규격

외장재의 사용규격을 최근에 준공된 건축물들을 대상으로 하여 알루미늄 복합패널과 범랑패널을 중심으로 조사하였다. 건축물의 용도, 평면, 규모에 따라 다양한 규격으로 적용되고 있었으며 적용 시마다 제작도면을 작성하여 제작하고 있었다. 조사 결과 주로 적용되는 규격은 폭이 1,000 mm, 1,250 mm, 1,500 mm 또는 이들 폭의 조합으로 적용되고 있었으며 길이는 4,000 mm가 주종을 이루고 있었으나 최대 8,000 mm의 것도 적용되고 있었다. 또한 두께는 종류와 이면재의 적용에 따라 다양한 것으로 조사되었다.

5.3 외장재의 부착공법

커튼월 패널의 부착에는 멀리언 타입을 포함하여 5종류의 공법이 주로 적용되고 있었으며 표 3은 부착공법의 종류와 특징을 나타내고 있다^{7,8)}.

표 3. 부착공법의 종류와 특징

공법의 종류	특 징	특 성
멀리언 타입	부재 현장 조립	시공 유연성 운송용이
유닛 시스템	공장에서 제작완성(유리후레임포함) 현장에서 부착	현장작업단순 품질관리용이
유닛&멀리언 시스템	멀리언을 먼저 건물 구조체에 설치 하고 유닛을 멀리언 후레임에 설치	멀리언타입과 유닛시스템의 중간형태
패널시스템	유닛시스템과 유사.조립패널이 아닌 동질의 재료 가 패널을 구성	현장작업단순 품질관리용이
컬럼 커버 & 스펠드럴 시스템	유리후레임과 분리해서 커튼월 패널 만 공장에서 제작 유리공정과 분리	유리공정과 무관 독립적으로 패널 제작, 부착 가능

6. 복합패널의 BIPV적용방안

6.1 제작규격

기존의 건축설계 기법과 외장재 선택의 틀을 유지하는 것이 복합패널의 BIPV적용에 유리할 것이다. 따라서 복합패널의 제작 규격이 기존의 외장재의 사용규격을 수용할 필요가 있다. 또한 고정식 집속형 복합패널의 냉각기구와 집속기 등의 설계요소를 준수하고 필요한 규격으로 설계하여야 한다. 본 연구에서는 태양전지를 중심으로 좌우의 집속기와 하부의 집열판을 하나의 유니트로 하여 조립하는 설계기법을 적용하였다.

집속비를 2로 유지하며 다양한 규격으로 설계하기 위해서는 복합패널 내부에 있는 태양전지의 폭을 조정할 필요가 있다. 태양전지의 표준규격은 100 mm × 100 mm이며, 전지의 길이는 표준규격의 100 mm 를 그대로 사용하고 폭을 1/2과 1/3로 절단하여 에이지 처리한 후 적용하면 설계요소를 준수하며 다양한 길이와 높이의 패널로서 제작할 수 있다. 그림 5~그림 7은 태양전지의 폭 33.3 mm, 50 mm, 100 mm를 적용한 유니트의 단면을 나타내며 그림에서 유니트 "A", "B", "C"의 길이는 태양전지의 표준규격과 동일한 100 mm 이다.

패널의 폭은 1,000 mm, 1,250 mm, 1500 mm의 3종류로, 높이는 104 mm(유니트 "A"), 136 mm(유니트 "B"), 232 mm(유니트 "C")의 3

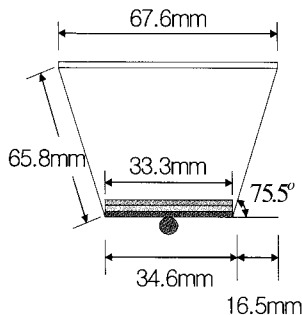


그림 5. 유니트 "A"의 단면(태양전지의 폭:33.3 mm)

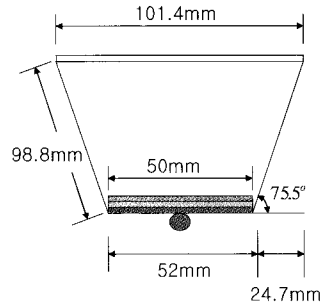


그림 6. 유니트 "B"의 단면(태양전지의 폭:50 mm)

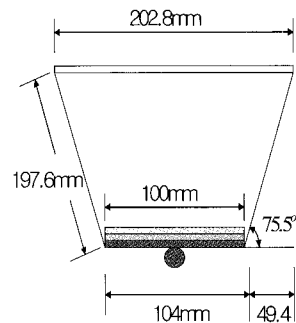


그림 7. 유니트 "C"의 단면(태양전지의 폭:100mm)

종류로 제작할 수 있으며 하부 단열재의 두께는 공히 40 mm의 것으로 적용하였다. 그림 8~그림 10은 유니트를 조합한 형태의 복합패널 단면도의 예를 나타낸다.

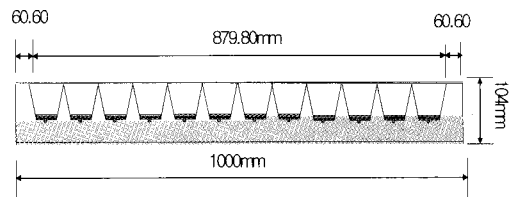


그림 8. 패널의 단면(유니트 "A")

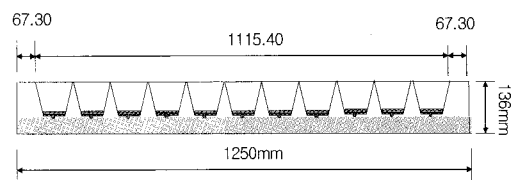


그림 9. 패널의 단면(유니트 "B")

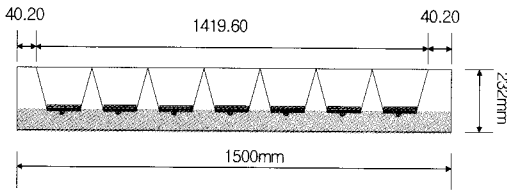


그림 10. 패널의 단면(유니트“C”)

패널의 길이는 유니트의 직렬 조합 수량으로 조정할 수 있으며 2,000 mm - 8,000 mm의 유니트 조합의 예는 표 4와 같다.

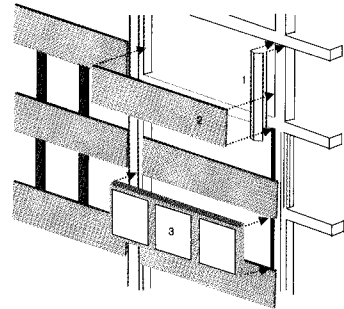
표 4. 복합패널의 길이

패널길이 (mm)	유니트의 직렬 조합 수량(개)	열전송 배관 스페이스(mm)
2,000	18	100 × 2개소
4,000	38	100 × 2개소
6,000	58	100 × 2개소
8,000	78	100 × 2개소

6.2 부착공법

BIPV용 복합패널의 부착은 새로운 공법의 개발 보다는 현장에서 익숙한 기존의 외장재용 패널의 부착공법 중 가장 적합한 것을 선정하여 적용하는 것이 매우 유리하다. 기존의 부착공법은 대부분 유리창호의 부착과 하나의 공정으로 되거나 공정이 중복되어 복합패널의 제작에 창호의 제작 관련 기술을 필요로 하는 등 적용상에 문제가 있는 것으로 조사되었으나 컬럼 커버&스팬드럴 시스템은 창호 후레임과 별개의 공정으로 패널의 외부규격 만 협의되면 별도로 제작하고 부착할 수 있는 것으로 분석되었다.

따라서 복합패널을 BIPV시스템에 적용하는 경우 컬럼 커버 & 스팬드럴 시스템의 공법을 채택하는 것이 적합하다. 그림 11은 컬럼 커버 & 스팬드럴 시스템을 나타내고 있으며 부착 순서는 패널설치를 위한 부재를 취부한 후 패널을 부착하고 창호용 후레임과 유리의 설치는 후속 공정으로 된다.



1.부재 2.패널 3.창호 후레임 4.유리

그림 11. 컬럼 커버 & 스팬드럴 시스템

7. 결 론

선행 연구의 결과로서 집열성능과 모듈의 냉각 성능이 확인된 집속형 복합패널을 BIPV시스템에 적용할 수 있는가를 제작규격과 부착공법을 중심으로 검토하였다.

복합패널의 냉각기구와 집속기의 설계요소에 변화를 주지 않는 상태로 태양전지의 폭을 조정하여 3종류의 유니트를 설계하였다. 유니트를 조합하여 패널을 구성하는 방식으로 패널의 규격에 변화를 줄 수 있었으며 연구결과 패널의 폭은 1,000 mm, 1,250 mm, 1,500 mm로, 패널의 높이는 104 mm, 136 mm, 232 mm의 3종류로, 패널의 길이는 유니트의 직렬조합 수를 변화하여 2,000 mm에서 8,000 mm까지 제작이 가능함을 설계를 통하여 확인하였다.

또한 기존의 외벽용 패널의 부착 공법 중에 컬럼커버 & 스팬드럴 시스템이 복합패널을 BIPV 시스템에 적용할 경우 부착공법으로 가장 적합하다는 것을 알 수 있었다.

복합패널을 BIPV시스템에 원활하게 적용하기 위해서는 외장재로서의 성능확보, 배관, 배선을 포함하는 제작, 설치상의 문제, 외관에 대한 고려 등 해결해야할 문제들이 남아 있으며 향후 이것들에 대한 후속 연구가 지속적으로 시도되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. Randall Thomas "Photovoltaic and Architecture", Spon Press, London, p. 14, 2001.
2. 김현일 외 3 "발코니형 BIPV시스템 개발", 한국태양에너지학회 춘계학술대회, 논문집, pp. 31-136, 2004.
3. 서정훈, 허정호 "건물통합형 태양전지의 설치 방식에 따른 발전성능 분석" 한국태양에너지학회 추계학술대회논문집, pp. 132-137, 2004.
4. R. P. Goswami, G. D. Sootha and Z. H.Zaidi: Int. J. of Energy Research , vol. 44, pp. 837-849, 1992.
5. 서유진, 허창수, "PV모듈의 냉각장치를 적용한 집속형 복합패널의 집열 특성 평가", 한국태양에너지학회, Vol. 25, No. 3, pp. 47-52, 2005.
6. 임병훈, 김성훈 "건물 외벽재료의 합리적인 선정 방안에 관한 기초연구", 대한건축학회 논문집, 18권, 7호, pp. 43-50, 2002.
7. 임종욱, 오민석, 김희서 "BIPV 건물 외피시스템 개발", 대한건축학회논문집, 20권 2호, pp. 169-176, 2004.
8. 고병민 "초고층 건축물의 커튼월", 대한건축학회지 , pp. 57-69, 2001.