

[논문] 한국태양에너지학회 논문집
Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol. 22, No. 2, 2002

PV의 건축물 적용기법에 관한 연구

A Study on the Application Method of Photovoltaic in Building

이응직*, 김희서**
E. J. Lee* H. S. Kim**

Key words : Photovoltaic, Solar Cell, Pv System, Pv module

Abstract

This study is a study on the building integrated method of Photovoltaic. It was analyzed into a basic installation condition and an integrated form in this study. And it was confirmed through the 3D simulation & drawing work of an integrated situation to the real domestic building.

The Photovoltaic installation of the country to an optimal efficiency for the year must be installed to the due south with an angle of thirty degrees. And also a module spacing must be more than doubled from the bottom to the top of module to prevent from efficiency falling by a shadow of photovoltaic module in a roof setting of flat roof.

If Photovoltaic module is an adequate material that is a basic requirement as a building's finishing material, it's not only an efficiency of alternation with an existing finishing material but also a building's design element.

* 세명대학교 건축설비공학과 * *Department of Building Equipment Engineering, Semyung University*
** 단국대학교 건축공학과 ** *School of Architecture, Dankook University*

1. 서론

문명화된 현대 산업사회의 필연적 에너지 소모는 경제성장과 삶의 질이 급격하게 향상된 국내에서도 예외는 아니다. 특히 현재의 화석연료에 의존한 우리의 에너지소비구조는 97% 이상의 에너지를 수입에 의존하는 실정이다⁽¹⁾. 무엇보다 화석연료가 연소할 때 발생하는 이산화탄소는 지구온난화의 주요인으로 지목되고 있고⁽²⁾ 특히 한국은 OECD 30개 회원국 중 1인당 이산화탄소 배출량과 1인당 에너지 사용량이 80년 이후 98년까지 각각 144%와 225%로 늘어나 가장 높은 증가 추세를 보이고 있다⁽³⁾. 이는 지구온난화를 방지하기 위한 범세계적 핵심지표인 '기후변화협약'에 따른 이산화탄소를 비롯한 온실가스 의무감축으로 이어져 미래의 경제발전과 국가이익에 커다란 장애요인으로 작용하리라 예상된다. 이러한 여건아래에서 21세기의 경쟁력 있는 선진국진입을 위해서는 지구환경오염과 자원한계성의 문제를 안고 있는 지금까지의 화석연료를 대신할 수 있는 재생 가능한 에너지시스템으로의 전환이 꼭 필요한 기본조건이라 하겠다. 이미 일부 선진국에서는 재생에너지로서의 태양광발전연구가 상당히 이루어져 상업화에 주력하고 있고 국내에서도 이 분야의 연구에 동참하고 있어 앞으로의 꾸준한 보급이 기대된다.

현재까지 Photovoltaic(이하 PV)기술을 실용화하기에는 높은 시스템 단가가 걸림돌로 작용하여 왔으나 지난 수년간의 변환효율향상과 1995년 이후 연평균 25%에 달하는 세계 PV시장의 고도신장에⁽⁴⁾ 따른 대량생산, 그리고 여러 나라의 설치보조금제도에 힘입어 큰 폭으로 하락하고 있는 추세에 있다⁽⁵⁾. 특히 미국을 비롯한 일본 및 EU에서는 각종 시범프로젝트를 통해 PV의 보급확충과 기술축적으로 이 분야를 이끌어가며 미래의 청정에너지로서의 무한한 가능성에 투자를 아끼지 않고 있기도 하다.

국내의 보급현황으로는 1998년 말 누적설치량이 3.2MWp로 10년 전과 비교하여 6배 이상의 증가를 가져왔는데⁽⁶⁾ PV의 상용화를 위한 고효율 태양전지의 개발을 비롯하여 설계, 설치, 운전 및 유지 관리를 위한 이용기술이 개발되어 보급의 기본이 형성되었기 때문이라고 보아진다. 그러나 아직까지 이 분야의 선진국 수준과는 커다란 차이가 있음을 인정하지 않을 수 없고, 국내 전체 에너지소비의 상당량을 차지하는 건축물에 PV를 설치하여 건물사용에너지로 이용하는 기술개발은 더욱 미흡한 실정이다.

이에 본 연구는 PV의 건축물적용에 대하여 고찰함에 PV의 건물적용 시 고려하여야 할 설치조건을 이론적으로 논의한 후 PV적용건물의 형태별, 부위별 부착방식을 분석하였고, 이를 토대로 실제 국내의 한 건물을 선정, 이의 건물적용 예를 실행하여 PV의 전력발전장치로서의 기능적 측면과 건물외장재로서의 디자인요소를 함께 분석하여 활발하지 못한 국내의 BIPS (Building Integrated Photovoltaic System) 분야에서 기초 자료로 삼고자 한다. 실행과정에서 건물의 PV 부착상황을 좀더 사실화시키고 해당 건물과 PV의 조화로운 디자인요소의 분석을 위해 적용건물의 부착도면작업과 3D시각화작업을 병행시켰다.

2. PV의 건축물 설치조건

PV는 태양광을 직접 전기로 바꾸는 기술로서 그의 기본요소는 일반적으로 10cm×10cm 크기의 태양전지이지만 실용적인 출력을 얻기 위해서는 여러 장을 연결하고 물리적인 강도와 습기로부터의 보호대책이 마련된 모듈을 사용하게 된다. 지금까지 주로 상용화된 태양전지는 단결정형, 다결정형 그리고 비결정형의 3종류인데⁽⁷⁾ 각각의 독특한 색깔과 질감 및 변환효율이 건축물적용에 있어 선택의 폭을 넓혀주고 있다(표 1).

표 1. Solar cell 종류에 따른 효율 및 특성

| 태양전지의 효율 | 실험실에서의 효율 | 상용화 효율 | 색상 | 특징 |
|----------------------|-----------|----------|----------------------|-----------------|
| 단결정(monocrystalline) | 약 24% | 약 14~17% | 검정 | 수명이 길다 고가 |
| 다결정(polycrystalline) | 약 18% | 약 13~15% | 감청, 연초록, 황금, 회색 등 가능 | 단결정보다 수명이 짧고 싸다 |
| 비결정(amorphous) | 약 13% | 약 6~8% | 고동색 | 수명이 짧다 저가 |

여기서 PV의 건축물 설치시의 장점을 살펴보면 소음과 매연이 없는 무한정한 에너지원을 무상으로 이용하는 일반적 장점과 더불어 국토유효면적이 극히 제한적인 한국과 같은 나라에서는 PV의 설치를 위한 부가적인 면적이 필요치 않게 될 뿐만 아니라 태양전지를 건축마감재로 건축물외부에 설치할 경우에는 고가의 건축자재를 대체시키는 일면도 있게 된다. 또한 에너지 측면에서는 건물설치PV에서 발전되는 전력으로 부착건물의 전체 또는 일부의 에너지소비를 자체적으로 해결할 수 있으므로 그 만큼의 화석연료 절약으로 직결되고 그에 따른 이산화탄소 발생도 줄어들게 되는 다기능효과를 얻을 수 있다.

에너지 밀도가 낮은 태양에너지를 최상의 효율로 이용하기 위하여 PV설치의 최적조건을 충족시키는 것이 경제적으로도 바람직하다. 그것은 태양전지나 PV모듈 표면에 조사되는 일사량의 강도에 따라 전기변환 효율이 크게 영향을 받기 때문이다. 즉, 지구상에서의 일사량은 설치장소의 위도와 계절에 따른 태양궤적변화, 그리고 지역날씨에 의해 커다란 편차를 보이므로 그 지역의 특성에 상응한 설치조건을 적용시켜야 만 한다. 이를 통해 최소한의 PV면적으로 최대의 에너지를 얻을 수 있는데 그에 대한 세부내용은 다음과 같다.

2.1 방향성 및 설치경사각도

지구 북반구에서의 PV설치방향은 연간 태양궤적에 비추어 볼 때 남향으로, 그리고 남반구에서

는 그 반대인 북향으로가 가장 바람직하다는 것은 쉽게 추론할 수 있다. 이 방향성은 PV표면이 가능한 긴 일조시간에 노출될 수 있는 조건을 제공하게 된다.

아울러 PV의 설치경사각도는 일사 방향에 수직인 면이 일사량이 가장 크므로 태양광선이 PV표면에 직각(법선면)으로 비칠 때 광선의 밀도도 가장 커져 최대의 에너지량을 얻을 수 있다. 지축이 약 23.5도 기울어져 자전과 공전을 하는 지구의 북반구에서는 계절별 태양의 고도가 달라져 수평면에 조사되는 입사각도도 변화하므로 각 계절과 시간에 따라 PV표면을 항상 태양을 향하게 하여 태양광선이 PV표면에 직각으로 입사하도록 조정한다면 효율 면에서 가장 바람직하게 된다. 이러한 형태가 태양추적형(solar tracking)이며, 다른 한 형태로는 일정한 설치각도로 건물에 고정된 고정형이 있다. 본 고에서는 PV건축물 적용연구의 초기단계에서 보다 기술적 접근과 실용화보급이 용이한 건물의 고정된 PV시스템에 대한 사항만 다루기로 한다. 이 고정시스템 역시 연간 가장 많은 에너지를 얻을 수 있는 경사각도로 설치하는 것이 바람직하다. 국내의(위도 37도 기준) 경우 태양의 고도가 가장 높은 하지의 정오에 약 76도와 가장 낮은 동지의 정오에 약 30° 사이에 연간 태양의 고도가 변함을 신 태양궤적도에서 확인할 수 있다. 어느 한 지역에서의 연간 가장 바람직한 설치각도와 방향 파악을 위해서는 그 지역에서 측정된 다년간의 일사량자료의 분석이 반드시 선행되어야 한다.

2.2 음영 방지

태양전지의 특성상 직사광선이 조사될 때 변환 효율이 가장 좋고, PV모듈은 여러 장의 태양전지를 직렬로 연결하여 만들어졌기 때문에 PV표면 전부 또는 일부에 그림자가 드리워 직사광선이 방해 받을 경우 시스템 전체 에너지획득에 상당한 악영향을 미치게 된다. 그러므로 가장 일사 조건

이 좋은 시간대에 PV설치장소주변의 나무 또는 건물에 의한 PV표면에 그림자가 들지 않도록 계획되어야 한다. 근래에는 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션 프로그램의 발달로 각 계절별 또는 하루 중 시간별 음영분석이 가능하다. 여기서 년 중 태양의 고도가 가장 낮은 겨울에 그림자가 드리워지지 않는 부위는 봄, 여름, 가을에는 더욱 문제가 되지 않는다.

2.3 PV모듈의 온도상승과 변환효율

PV모듈의 변환효율은 일사량 1000 W/m^2 , 주변외기온도 25°C , 그리고 $\text{AM}^{1.5}$ 의 표준 실험 조건아래에서의 상황을 수치로 표시한 것이다. 그러나 PV모듈은 전기를 발전하는 과정에서 자체적으로 발생하는 열과 주변대기의 상태에 따라 온도가 상승하게 되어 실제적 변환효율은 더 낮아지게 된다. 이에 관한 연구에 의하면 태양전지모듈의 자체온도가 1°C 상승함에 따라 변환효율은 0.5%정도 떨어진다고 한다⁽⁸⁾. 결국 PV모듈 자체온도를 가능한 낮게 유지할수록 최상의 변환효율을 얻을 수 있으므로 설치된 모듈온도가 상승하더라도 자체냉각효과를 가질 수 있는 설치방법이 강구되어야 하는데, 이는 특히 넓은 공간에 세워지는 경우보다 건축물에 적용될 때 보다 구체적인 대책이 필요해진다.

3. 건축물 적용방법 고찰

3.1 건물부위별 분류

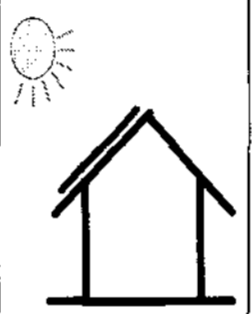
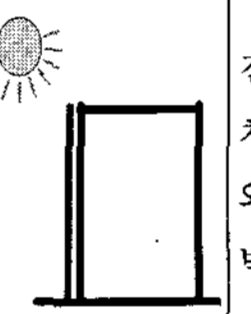
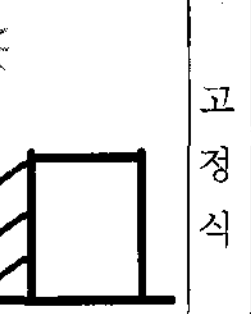
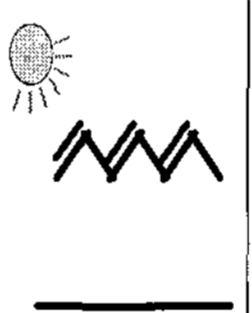
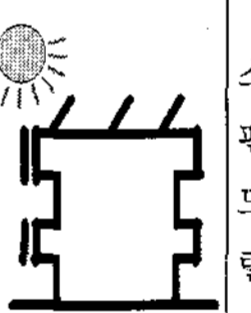

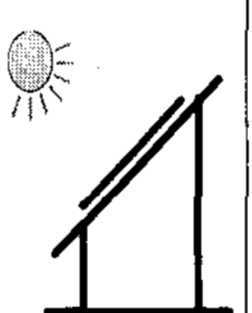
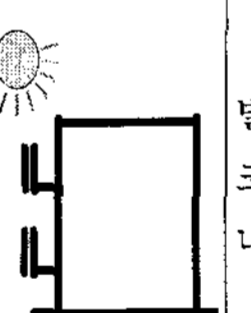
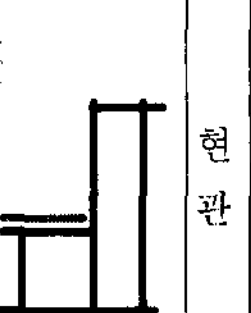
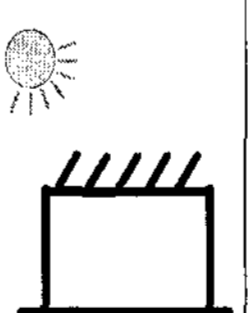
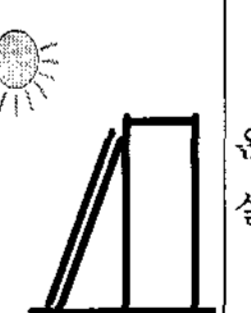
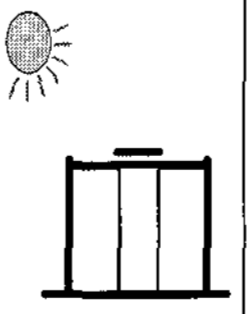
건축물장착 PV시스템을 위한 전제조건으로 충분한 설치면적의 확보를 들 수 있다. 모든 건물들은 그 크기에 상응한 외피와 지붕을 가지고 있으므로 이미 존재하는 이러한 건물외피를 전기발전을 위한 부가적 용도로 쓸 수 있다는 것은 건물 PV 시스템의 한 장점이다. 무엇보다 실제적으로

직달일사를 받는 외피부분이 그렇지 못한 부위보다 우선적 대상으로 건축물에서의 PV적용 가능 장소를 열거하면 다음과 같다.

- 건물의 지붕
- 건물의 외벽
- 건물의 차양장치

이를 심벌 화시킨 것이 표 2.이다.

표 2. 건축형태별 설치 가능성

| 장착부위 | 지붕 | | 외벽(파사드) | | 차양장치 | |
|--------|---|--------|---|------|---|-----|
| | 태양 | 태양 | 태양 | 태양 | 태양 | 태양 |
| 특 징 |  | 박공지붕 |  | 전체외벽 |  | 고정식 |
| |  | 툽날지붕 |  | 스펜드럴 |  | 가변식 |
| |  | 측면경사지붕 |  | 발코니 |  | 현관 |
| |  | 평지붕 |  | 온실 | | |
| |  | 아트리움 | | | | |

1) 1 Air Mass : 태양광선이 지구의 대기권을 통과해 들어올 때 최단거리(AM1)의 1.5배 거리에 해당하는 각도로 들어오는 것

3.2 장착방식별 분류

이 분류에서는 크게 기존의 건물과 신축건물에 설치할 경우의 두 종류로 살펴볼 수 있다. 특히 신축건물에서는 계획단계부터 건물의 방향과 부착부위의 마감재를 PV모듈로 대체할 수 있는 가능성이 주어질 뿐만 아니라 전체 건물디자인과의 조화 등을 확인 할 수 있게 되어 보다 바람직한 건축적용이 가능해 진다. 일반적인 상황에서 PV 모듈을 어떻게 건물에 설치하느냐에 따라 다음의 3종류로 나눌 수 있으며 그에 따른 변환효율도 각각 달라질 수 있다.

- 간격을 유지하여 설치(덧대기 방식):공기의 흐름으로 자연 냉각 가능
- 간격 없이 설치(덧붙이기 방식)
- 건축 마감재로서 설치(건물일체화)

표 3.은 위의 내용을 특징적으로 도표화한 것이다.

표 3. 부착방식에 따른 구분과 특징




| | 심 별 | 특 징 |
|------------------|---|---|
| 부 착 방 식 |  | - 덧대기 방식 (기존 마감재 + PV모듈) - 간격유지로 PV 통풍, 자연 냉각기능 : 변환효율양호 - 설치용이: 건축물적용 초기단계에서 적합 |
| |  | - 덧붙이기 방식 (기존마감재에 완전 밀착) - 냉각작용이 미약하므로 모듈 온도상승: 효율감소 - 비교적 설치용이 |
| |  | - 건물일체화방식 (PV모듈=마감재) - 건축요소로 가장 바람직함 - 고도의 설치기술 요구 |

표 4. 방위별 설치각도별 연평균 일사량 (Kwh/m² · day)

| Direction | Engle | E | | | | | S | | | | | W | | | | | SE and SW | | | | |
|---------------|-------|------|------|------|------|------|------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|
| | | 0. | 21. | 30. | 45. | 60. | 90. | 21. | 30. | 45. | 60. | 90. | 21. | 30. | 45. | 60. | 90. | 21. | 30. | 45. | 60. |
| Chun-chen | 3.46 | 3.39 | 3.31 | 3.08 | 2.75 | 2.09 | 3.81 | 3.88 | 3.80 | 3.56 | 2.64 | 3.40 | 3.34 | 3.16 | 2.88 | 2.31 | 3.70 | 3.72 | 3.63 | 3.38 | 2.62 |
| Kangau- ng | 3.62 | 3.45 | 3.37 | 3.14 | 2.79 | 2.12 | 3.93 | 4.00 | 3.97 | 3.78 | 2.83 | 3.46 | 3.40 | 3.23 | 2.95 | 2.38 | 3.76 | 3.76 | 3.66 | 3.41 | 2.64 |
| Seoul | 3.26 | 3.19 | 3.12 | 2.90 | 2.59 | 1.97 | 3.60 | 3.65 | 3.60 | 3.39 | 2.54 | 3.20 | 3.14 | 2.96 | 2.72 | 2.18 | 3.49 | 3.52 | 3.43 | 3.21 | 2.49 |
| Won-ju | 3.46 | 3.39 | 3.31 | 3.06 | 2.74 | 2.09 | 3.81 | 3.85 | 3.79 | 3.55 | 2.64 | 3.40 | 3.33 | 3.16 | 2.88 | 2.31 | 3.71 | 3.72 | 3.62 | 3.38 | 2.61 |
| So-san | 3.79 | 3.71 | 3.62 | 3.37 | 2.99 | 2.26 | 4.19 | 4.25 | 4.18 | 3.92 | 2.90 | 3.72 | 3.65 | 3.41 | 3.15 | 2.53 | 4.07 | 4.09 | 4.00 | 3.73 | 2.88 |
| Chong- ju | 3.56 | 3.49 | 3.40 | 3.16 | 2.82 | 2.14 | 3.91 | 3.96 | 3.89 | 3.64 | 2.69 | 3.50 | 3.43 | 3.25 | 2.96 | 2.37 | 3.80 | 3.82 | 3.72 | 3.48 | 2.67 |
| Dae- jon | 3.52 | 3.47 | | 3.13 | 2.78 | 2.16 | 3.37 | 3.92 | 3.85 | 3.61 | 2.67 | 3.46 | 3.39 | 3.21 | 2.92 | 2.34 | 3.75 | 3.78 | 3.88 | 3.43 | 2.64 |
| Po- hang | 3.58 | 3.51 | 3.42 | 3.16 | 2.83 | 2.15 | 3.96 | 4.01 | 3.96 | 3.72 | 2.77 | 3.52 | 3.45 | 3.27 | 2.97 | 2.39 | 3.84 | 3.86 | 3.77 | 3.52 | 2.72 |
| Dae- gu | 3.56 | 3.49 | 3.40 | 3.17 | 2.61 | 2.14 | 3.93 | 3.98 | 3.91 | 3.67 | 2.73 | 3.50 | 3.43 | 3.25 | 2.96 | 2.37 | 3.81 | 3.83 | 3.74 | 3.48 | 2.69 |
| Chon- ju | 3.47 | 3.40 | 3.31 | 3.08 | 2.74 | 2.08 | 3.80 | 3.83 | 3.78 | 3.51 | 2.59 | 3.40 | 3.34 | 3.15 | 2.87 | 2.29 | 3.69 | 3.70 | 3.60 | 3.35 | 2.58 |
| Kawang- ju | 3.63 | 3.55 | 3.47 | 2.22 | 2.86 | 2.18 | 3.98 | 4.02 | 3.94 | 3.68 | 2.70 | 3.56 | 3.49 | 3.30 | 3.00 | 2.40 | 3.87 | 3.88 | 3.77 | 3.50 | 2.70 |
| Bu- san | 3.72 | 3.64 | 3.66 | 3.30 | 2.93 | 2.23 | 4.11 | 4.17 | 4.11 | 3.86 | 2.87 | 3.65 | 3.68 | 3.39 | 3.08 | 2.47 | 3.99 | 4.01 | 3.92 | 3.65 | 2.82 |
| Mok- po | 3.87 | 3.76 | 3.69 | 3.43 | 3.05 | 2.32 | 4.23 | 4.27 | 4.17 | 3.86 | 2.82 | 3.80 | 3.72 | 3.51 | 3.19 | 2.55 | 4.11 | 4.12 | 4.00 | 3.71 | 2.84 |
| Che- ju | 3.42 | 3.34 | 3.25 | 3.02 | 2.69 | 2.04 | 3.62 | 3.60 | 3.46 | 3.16 | 2.22 | 3.35 | 3.27 | 3.07 | 2.78 | 2.19 | 3.55 | 3.53 | 3.38 | 3.09 | 2.33 |
| Jin- ju | 3.92 | 3.64 | 3.74 | 3.48 | 3.09 | 2.35 | 4.37 | 4.44 | 4.39 | 4.13 | 3.08 | 3.85 | 3.78 | 3.58 | 3.26 | 2.62 | 4.23 | 4.26 | 4.17 | 3.86 | 3.02 |
| Young- ju | 3.75 | 3.68 | 3.59 | 3.34 | 2.97 | 2.26 | 4.17 | 4.23 | 4.17 | 3.92 | 2.92 | 3.69 | 3.62 | 3.43 | 3.13 | 2.52 | 4.04 | 4.07 | 3.98 | 3.71 | 2.06 |
| Sum | 3.60 | 3.53 | 3.46 | 3.20 | 2.84 | 2.16 | 3.96 | 4.00 | 3.93 | 3.66 | 2.73 | 3.53 | 3.46 | 3.27 | 2.98 | 2.39 | 3.84 | 3.86 | 3.76 | 3.50 | 2.78 |
| | 1.00 | 0.98 | 0.96 | 0.89 | 0.79 | 0.80 | 1.10 | 1.11 | 1.09 | 1.02 | 0.76 | 0.98 | 0.96 | 0.91 | 0.83 | 0.88 | 1.07 | 1.07 | 1.04 | 0.97 | 0.78 |

4. 국내적용 예 및 시각화

건축물에 설치된 PV시스템이 가장 좋은 효율로 작동되기 위해서는 태양을 향한 PV의 방향성과 설치각도가 무엇보다 중요하며 이는 지역별 특성(위치, 날씨 등)에 따라 다르다는 것을 2.1절에서 언급한바 있다. 그러므로 국내에서의 PV 설치를 위해서는 가장 바람직한 방향과 설치각도를 한국조건에서 찾아야하고, 이를 위해 우리나라의 16개 도시에서 지난 10여 년 간 측정된 일사량 자료를 분석하여 표 4.와 같은 결과를 얻었다. 이를 통해 연간 고정된 일사 면으로서 최적방향은 남향임이 확인되며 수평면에 대한 설치각도는 30°정도가 가장 바람직하다는 것을 알 수 있다. 그러나 지붕면이나 외벽은 꼭 남향이나 30도 각도로 구성되어있지는 않기 때문에 발전이라는 기능 면에서 항상 최적의 조건으로 설치 가능한 것은 아니다. 이런 경우 PV시스템 계획은 건축가와의 협의를 통해 건물디자인과의 조화를 꾀하며 주어진 상황을 최대한 이용 변환효율을 높일 수 있는 방향으로 추진되어야한다. 본 장에서는 지붕면과 외벽을 중심으로 실적용 방법을 고찰한다.

4.1 건축적용의 예

국내 건물에 실제적으로 이러한 조건들을 대입시켜 PV의 건물적용 가능성과 설치기법을 살펴보기 위하여 기존의 한 건물을 선정하여 PV 시스템 설계의 과정을 분석해 보기로 한다. PV 적용 예를 위해 선택된 이 건물은 경기도 A시에 근린생활 용도로 1995년 초에 완공되었다. 건물은 동서로 길게 배치되어 남향을 향하고 있기는 하나 건물 남측에 위치한 높이가 같은 다른 한 건물에 의해 PV장착에 바람직한 남측 외벽이 그림자로 방해받을 수 있음을 고려하여

야 하였고, 이에 2.2절에서 언급한 건물주위의 음영분석을 독일 Nemetschek사의 시뮬레이션 프로그램 Allplan을 이용하여 실행하였다. 그림 1-a는 동짓날 오전10시의 음영분석으로 A시와 가장 가까운 서울의 신 태양패적도에 의하면 이 시간의 태양고도는 약19도, 태양방위각은 약-36도 정도이고 그림1-b는 같은 날 정오, 그림1-c는 오후 3시의 경우로 태양고도 및 방위각은 각각 약29도와 약-6도, 약19도와 약+37도의 조건이다.

이에 따른 결과로 다음과 같은 특징을 발견하였다.

- 남쪽 외벽의 상위 2개 층을 제외한 부위는 겨울에 앞 건물에 의해 그림자가 드리운다.
- 평지붕의 동쪽부위는 연간 그림자가 들지 않아 PV 설치에 적합하다.
- 동쪽외벽은 건너편이 공원으로 계획되어 방향성의 한계는 있으나 오전조건이 양호하다.
- 서쪽외벽은 건물계단 부로서 옆 건물이 높지 않게 들어서면 창문면적이 크지 않아 매우 넓은 부위를 이용 할 수도 있다.

결국 PV적용 가능부위로 상위 2개 층의 남쪽 외벽, 옥상의 동쪽부위, 그리고 건물의 동쪽외벽 등을 꼽을 수 있다.

이러한 음영분석은 PV계획 초기단계에서 매우 중요한데 2장의 음영방지에서 언급한 PV의 효율적 이용과 직접적인 관계가 있기 때문이다. 이는 곧 건물에 설치된 PV가 늘 정상적인 발전기능을 발휘하도록 할 뿐만 아니라 사계절동안 항시 직달 일사에 노출되는 부위에만 장착시킴으로써 설치비용을 적정수준에서 투자할 수 있게 하여 준다는 것이다.

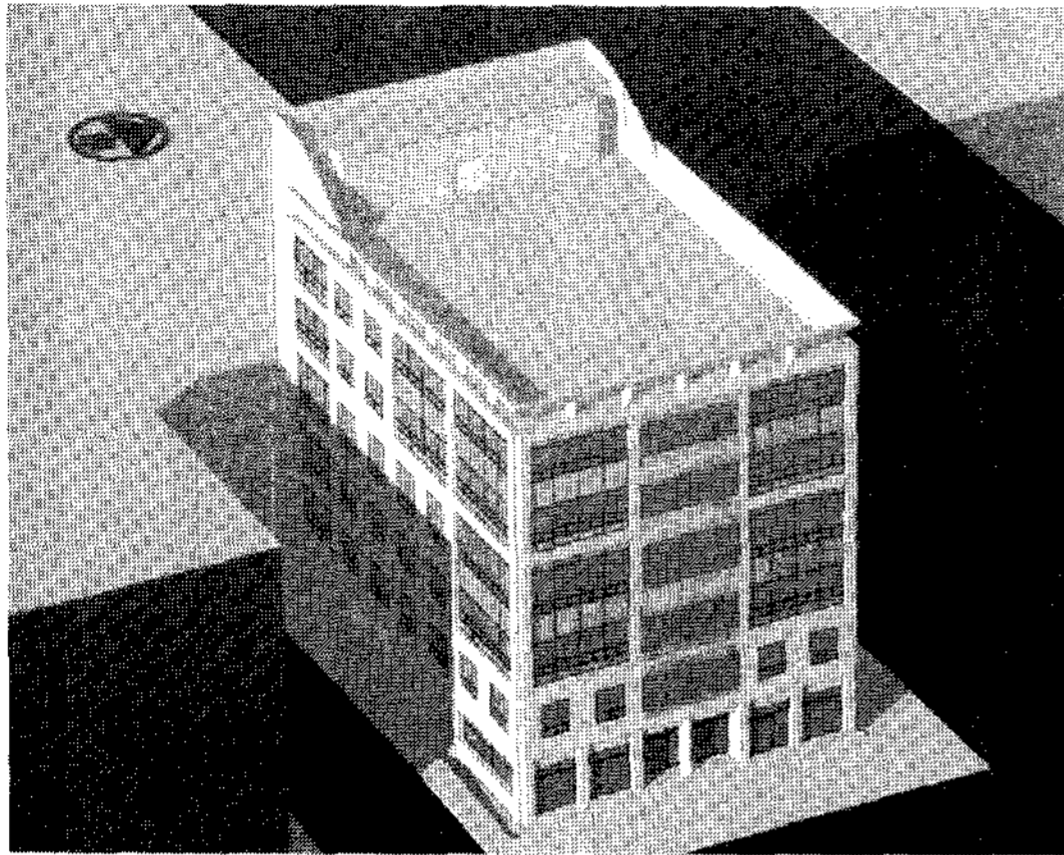


그림 1-a. 음영시뮬레이션(동지 오전10시)

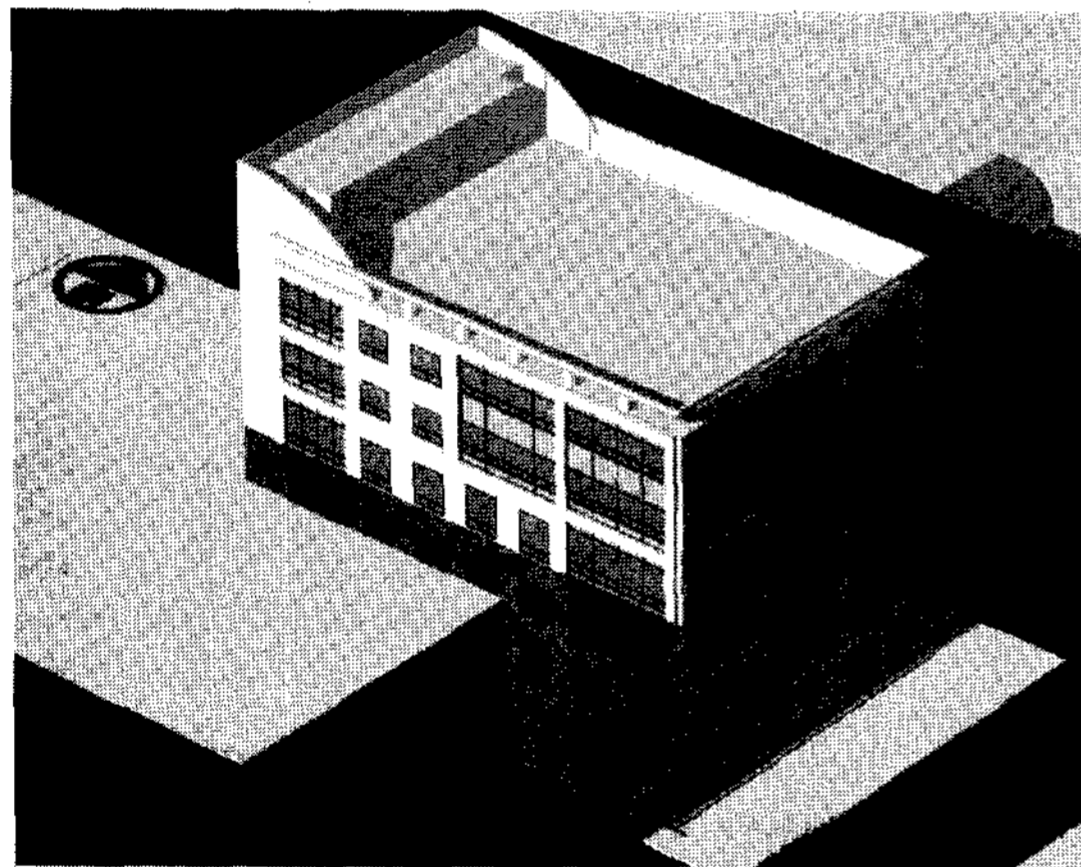


그림 1-b. 음영시뮬레이션(동지 12시)

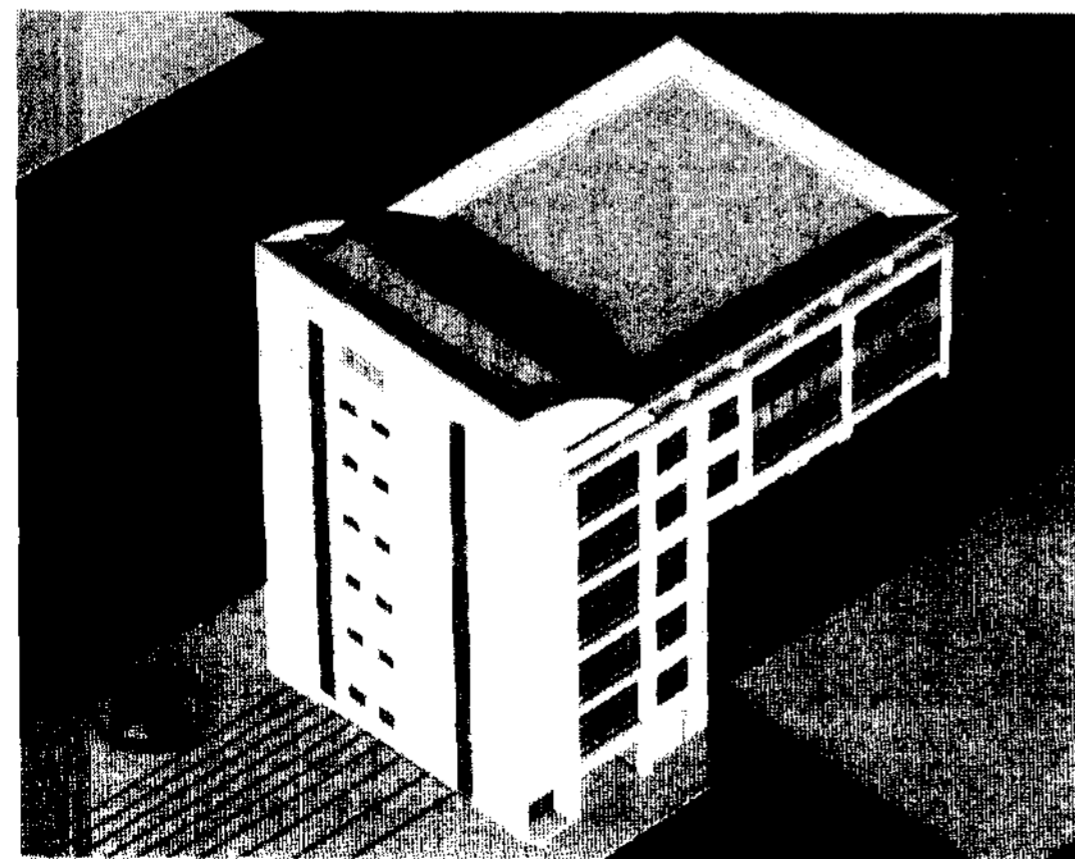


그림 1-c. 음영시뮬레이션(동지 오후3시)

4.1.1 옥상 설치법

건물 옥상은 외부에 쉽게 노출되지 않아 이곳에 설치되는 PV시스템은 건물의 디자인측면에는 큰 영향을 미치지 않는 반면, 넓은 면적이 어떠한 그림자에도 방해받지 않아 변환효율이 가장 이상적인 각도로 설치된다면 그곳에서 얻어지는 전기에너지의 양은 대단히 커진다. 그러므로 국내의 최적 조건인 수평면에 대한 30° 설치각도로 남향을 향해 여러 줄로 세워서 설치하는데, 이 경우에도 유의하여야 할 점은 PV모듈이 서로의 그림자에 의해 변환효율이 낮아지지 않도록 설치되어야 한다는 것이다. 그림 2는 이런 설치방법을 한국에서 적용시킬 경우 최소한의 모듈 설치간격을 나타낸 것으로 설치바닥부터 앞줄모듈의 최상단까지 높이에 대해 최소 2배의 간격을 유지하여야만 년 중 그림자로부터 방해받지 않고 발전기능을 100% 발휘 할 수 있게 된다. 이 결과 역시 시뮬레이션 프로그램을 통한 동지의 음영분석으로 얻어졌다.

PV모듈을 부착하기 위하여 알루미늄 새시 또는 L형강을 그림 2에서 보는 것과 같이 30° 각도로 세우고 강한 바람에도 움직이지 않도록 바닥부분에는 무거운 시멘트 블록 등으로 고정을 시킨다. 이 건물에서는 옥상난간이 건물의 형의 디자인요소로 설치되어 북측과 동측난간의 경사면에 각각 남향과 서향으로 설치할 수가 있다(그림 3).

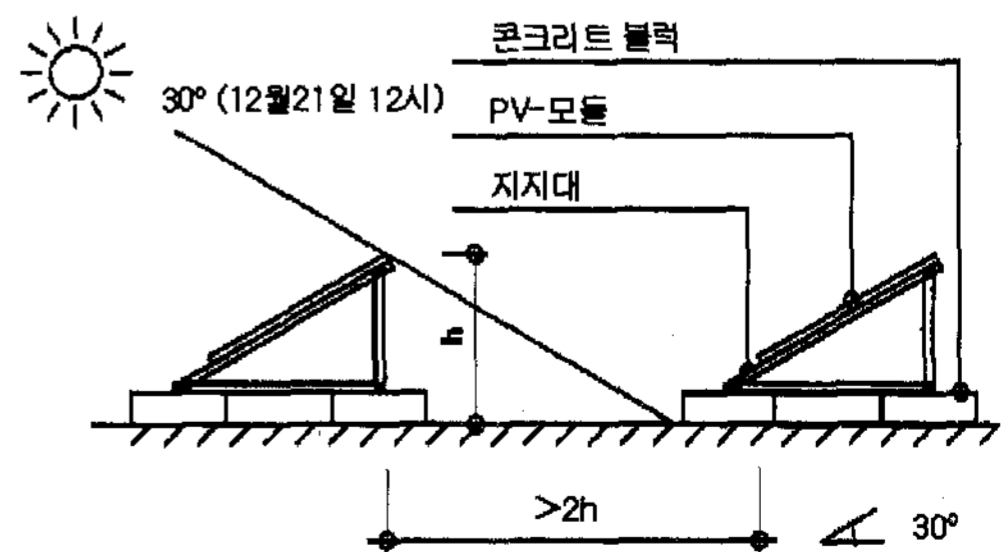


그림 2. 국내 평지붕 설치시 간격

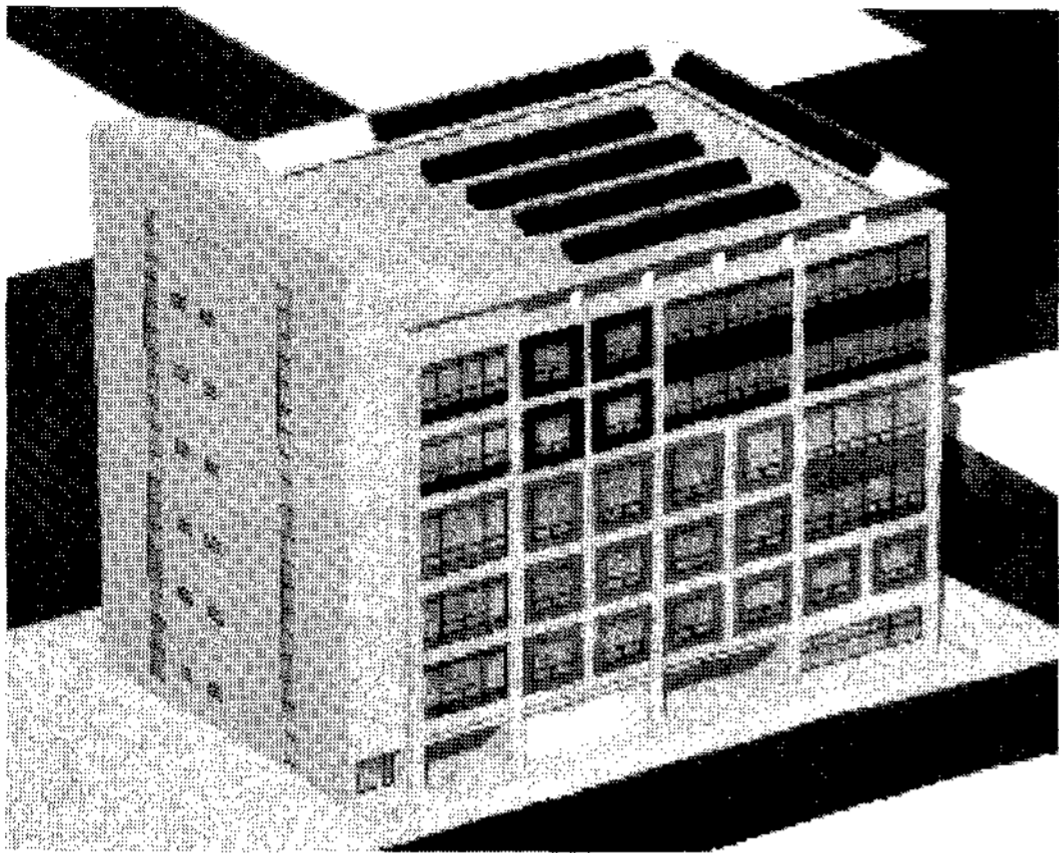


그림 3. 3D 시각화

4.1.2 외벽 설치법

현대건축에서 각광을 받고 있는 대형의 유리 마감외피가 충분한 차양 및 단열 대책이 없는 상황에서는 유리면적을 통한 과도한 열 손실로 건물에너지소비를 부추기는 주요 원인으로 작용하게 될 뿐만 아니라 넓은 유리면적은 자칫 건물 외관을 무미건조하게 만들 수 있다. 이러한 문제들을 PV시스템 장착을 통해 단열성을 높이고 좀더 다양한 디자인도 가능해진다. 따라서 외벽에 적용되는 PV모듈은 외관이 깨끗하면서도 충분한 물리적 강도를 가져야하는데 여기에서는 두 장의 유리판 사이에 샌드위치형태로 태양전지를 넣어 만들어진 모듈을 사용하기로 한다. 이때 모듈의 외부유리는 투명도가 뛰어나고 강도가 높은 안전유리가 적합하다. 이 건물의 파사드는 유리로 된 커튼 월 시스템과 화강석으로 마감한 일반창문시스템으로 구성되어 있다. 유리 커튼 월은 차양효과를 위해 짙은 청색으로 착색했으며 나머지 창문주위도 흰색보다 짙은 색깔의 화강석을 붙인 건물의 기본디자인 컨셉과의 조화를 도모하기 위하여 PV모듈을 스펠드럴 부위에 장착함에 3.2 장착방식별 분류에 의한 기존 유리벽과 간격을 두고 장착하는 덧대기와 스펠드럴을 PV모듈로 대체하는 두 가지로 적용이 가

능하다.

그 첫째로 그림 4는 덧대기 방식의 도면으로서 기존의 유리벽과 6cm의 간격을 유지하여 스펠드럴과 같은 크기의 PV모듈을 벽면과 수평으로 창문틀에 고정한다. 이 방법에서는 건물 디자인과의 조화 때문에 설치각도가 이상적이지는 않지만 기존유리벽과 모듈사이의 공간으로 자연적인 환기가 일어나 모듈의 온도를 낮출 수가 있다. 그림5는 적용시의 실제적인 상황을 3D 프로그램으로 시각화시킨 것으로 PV모듈의 형태와 창틀에 고정되는 고정부위 등을 구체적으로 확인할 수 있다. 이러한 설치방식은 건물의 외피 리노베이션 경우에도 적용이 가능하다.

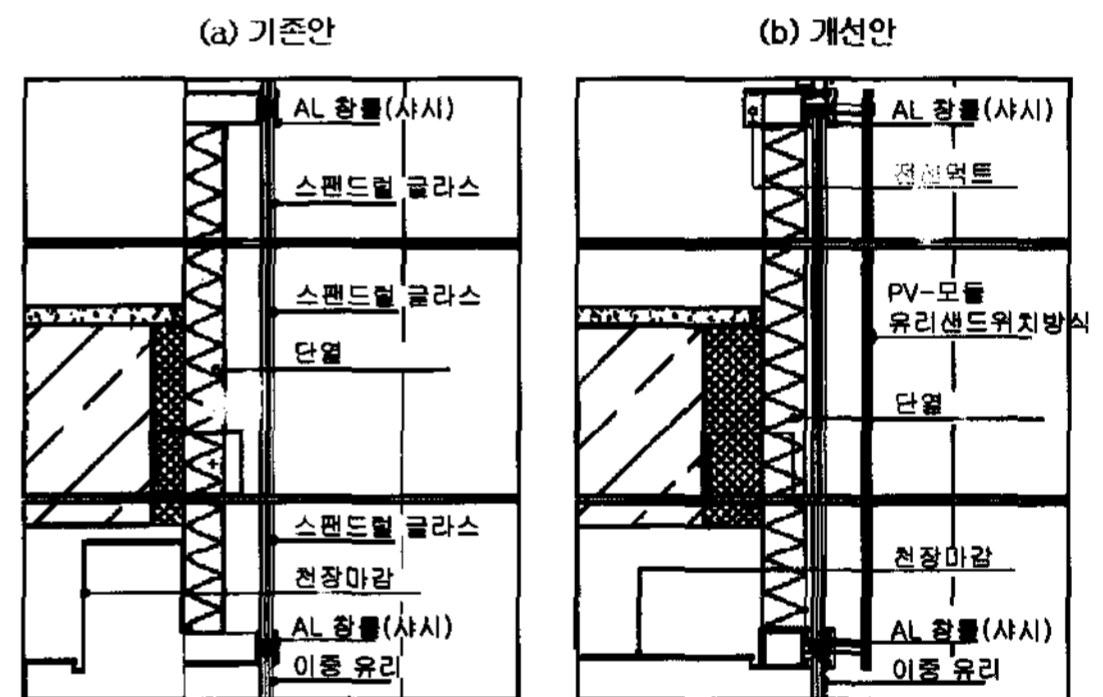


그림 4. 덧대기 방식(스펠드럴)

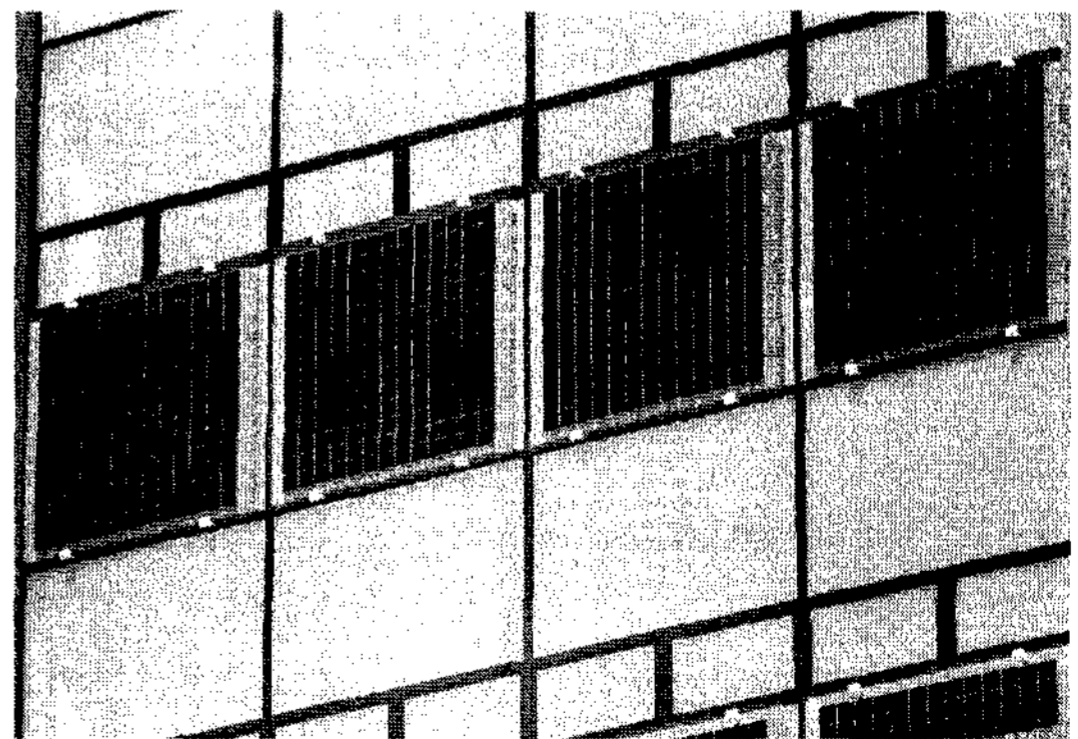


그림 5. 덧대기 방식 3D 시각화

두 번째는 모듈을 직접 건축자재로서 장착시키는 방법인데 이 경우에는 좀더 건축 상황을 고려하여야 한다. 즉, 스펠드럴에 모듈을 직접 장착하기 위해서는 PV모듈 자체가 단열성을 비롯한 기존의 건축마감재가 갖는 물리적 요구조건을 충족시켜야만 한다는 것이다. 그러므로 건축마감재로서의 기능을 추가시키기 위해 PV모듈이 복층 유리구조 또는 Panel시스템 등으로 제작 되어야 한다(그림 6). 설치각도가 수평면에 대하여 수직이기 때문에 최적의 각도인 수평면에 30도로 설치될 때보다는 변환효율이 낮아진다는 단점이 있겠으나 직접 마감재로 적용되어 기존마감재를 대체시키는 효과가 있고 덧대기 방법보다 매끈한 외관으로 디자인 측면에서 더 바람직하다(그림 7). 그러므로 이 방식은 건물신축 시 커튼 월 시스템의 일환으로 계획, 시공에 적당하다. 일반창문시스템 주위의 화강석 판재대신 PV모듈을 장착하는 원리 역시 모듈의 건축자재화에 속하는 것으로 대형면적일 경우 자재의 대체효과가 상당히 크고 발전 전기에너지도 커지는 이점이 있다. 대상건물은 그림 8a)에서 보듯이 내 단열로 구성되어 있으나 기존의 상태로는 외부와 내부와의 단열기능이 크게 부족함으로 그림 8b)와 같이 단열기능을 향상시킨 후 PV모듈을 장착하는데, 모듈의 고정용 화강석 판재와 마찬가지로 T자쇠를 이용하여 네 귀퉁이를 벽면에 거는 방식을 취함으로써 벽면과 모듈사이 공간이 형성되고 공기의 대류작용이 일어난다.

지금까지의 내용을 건물에 적용시킨 실 상황을 종합적으로 시각화시킨 결과가 그림 3)으로 이때의 태양전지는 다결정 형을 가정하여 PV모듈은 짙은 청색을 보여주고 있다. 이러한 다양한 시뮬레이션 및 시각화작업은 실제적 상황과 유사한 결과를 보여주어 태양전지의 여러 색깔에 따른 건물과의 조화를 빠른 시간 안에 검토할 수 있게 하여 주기도 하므로 이 분야에 관심을 갖는 건축가들에게도 유익하다.

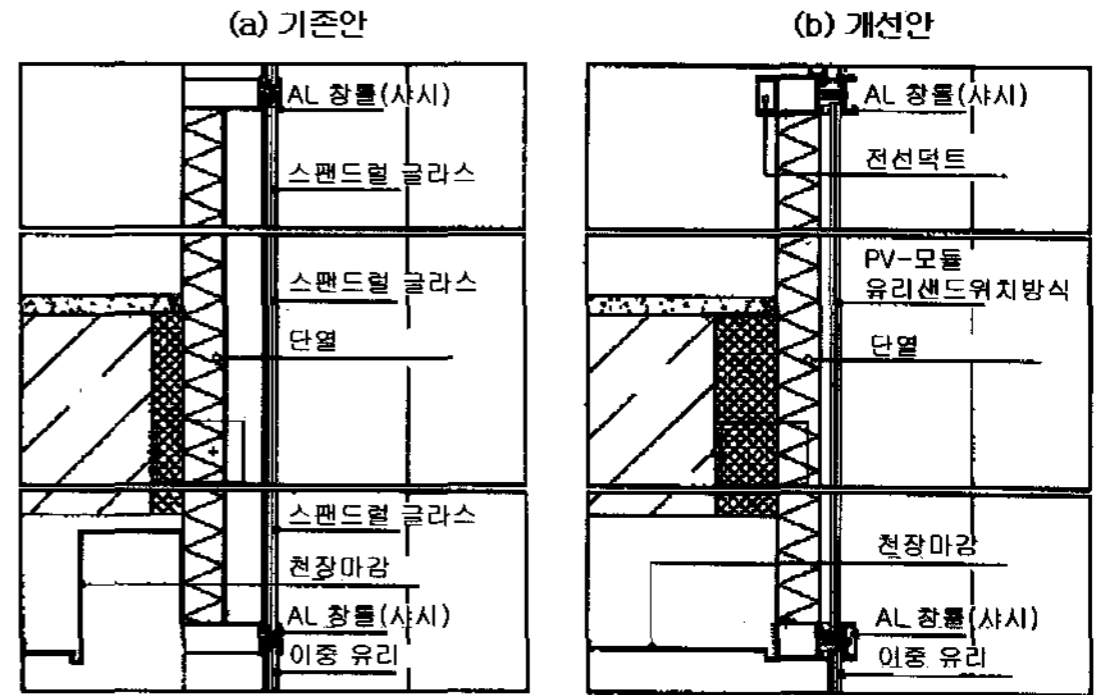


그림 6. 건물 일체화 방식(스판드럴)

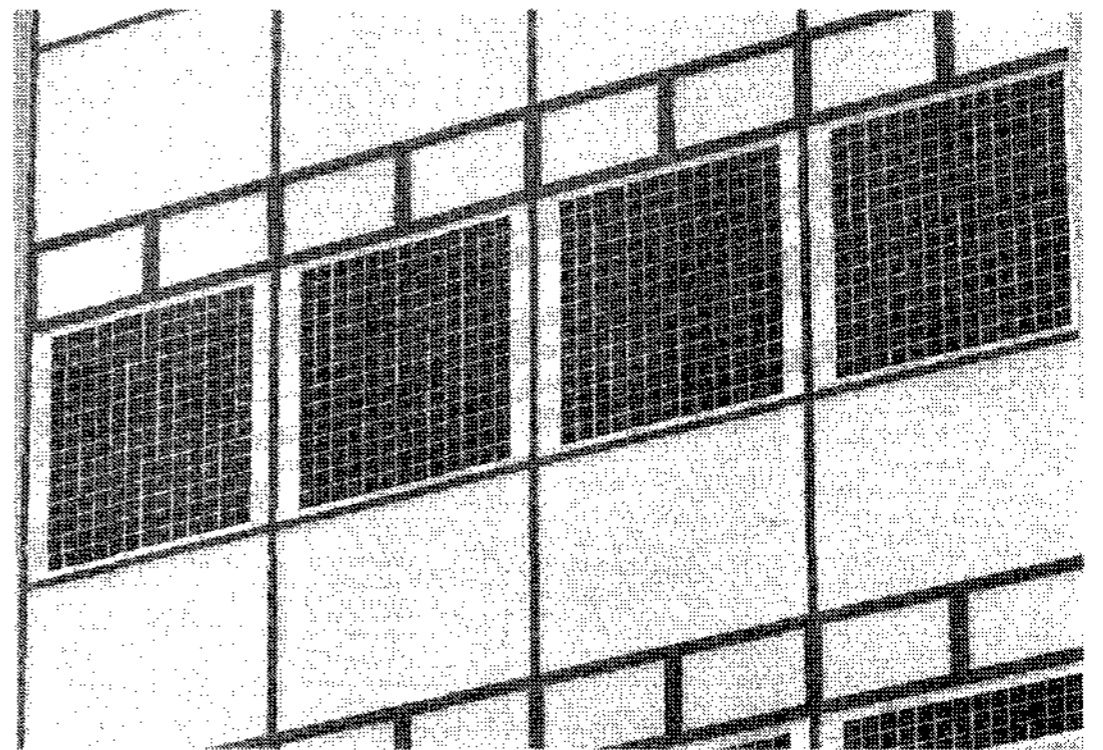


그림 7. 일체화 방식 3D 시각화

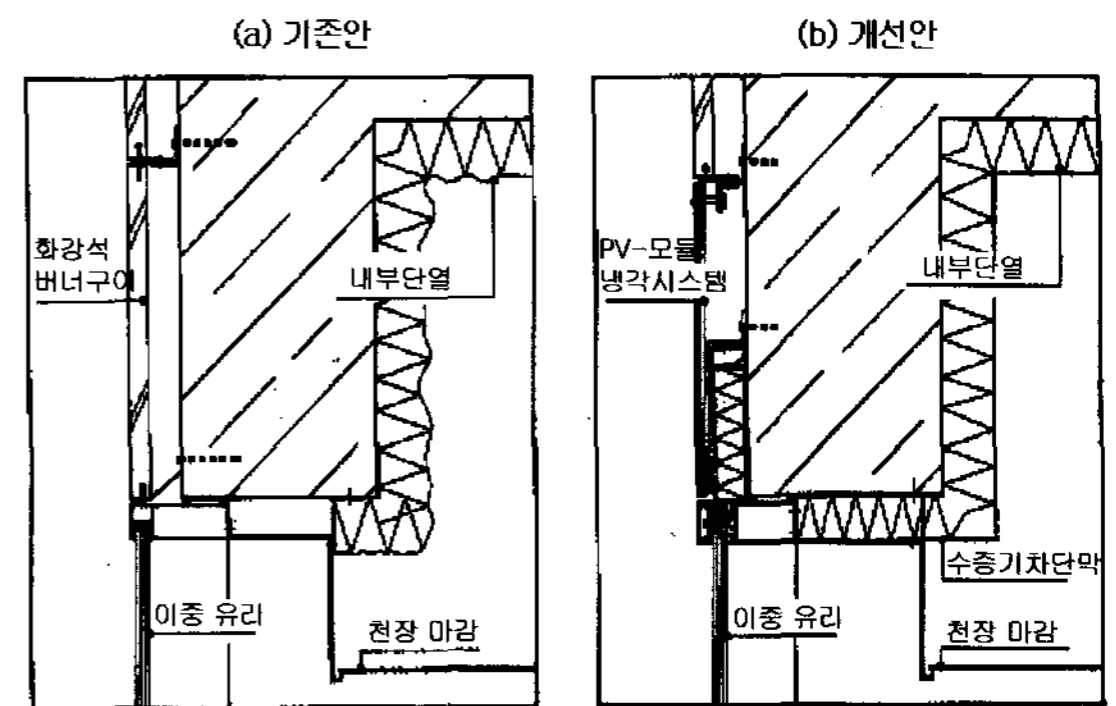


그림 8. 건물 일체화 방식

5. 결론

본 연구에서는 PV이용의 공감대가 형성되어가고 있고 그의 적용에 가장 큰 잠재력을 가진 건축물분야에 대한 고찰을 통해 국내건축물적용 가능성과 기법을 예제건물을 선정하여 PV계획단계부터 그 적용의 예, 그리고 장착 후의 디자인 조건까지 살펴보았다. PV적용의 이론적 배경은 태양에 대한 지구의 운동으로 해석하고 국내설치의 최적 조건 분석은 측정된 일사데이터를 이용하였다. 그 주요 내용은 다음과 같다.

첫째, 일사량분석에 의하면 한국에서의 최적 PV설치 방향과 설치경사각도는 정남향으로 30°이나 같은 경사각도의 남동 또는 남서방향도 큰 차이는 없으며 그들이 들지 않는 넓은 동서외피에도 가능성이 있고 국내 평지붕옥상 설치시의 모듈과 모듈의 앞뒤 최소간격은 바닥에서 모듈상단까지 높이의 2배 이상일 때 음영에 따른 효율저하를 방지할 수 있다.

둘째, 건축외장재로서의 요건을 충족시키는 수준의 PV모듈 개발이 이루어진다면 PV모듈에 의한 건축 마감재로서의 대체효과가 기대되고 그에 따른 건축자재화 가능성이 주어진다.

셋째, 건축디자인 측면에서 태양전지(Solar cell)의 독특한 색깔과 질감은 중요한 미적 요소로서 건축가들에게 새로운 디자인 가능성을 제시하고 있다.

넷째, PV의 건축물적용에 있어서 건축적인 요소의 검토는 계획 단계에서부터 면밀히 분석되어져야만 하는 것으로, 근래에 건축분야에 널리 쓰이고 있는 시뮬레이션 프로그램을 통한 시각화작업은 중요한 의미를 갖는다. 그것은 PV적용상황을 사실적으로 표현하여 지역에 상응하는 음영분

석이나 태양전지에 따른 PV색상과 건축물과의 조화 등을 분석하여 대상건물에 가장 적합한 해법을 찾을 수 있기 때문이다.

만약 조건이 맞는 모든 건물의 지붕과 외벽에 PV를 적용한다면, 상당한 청정의 고급전기에너지가 얻어질 것이다. 이는 곧 지구온난화의 주요 원인이 되는 이산화탄소배출을 억제할 것이며 건축자재화된 건물일체형으로의 적용 시에는 기존의 건축자재를 대체시킴으로서 자원절약의 효과도 주어질 것이다. 따라서 이를 위한 좀더 세부적이고 다양한 적용기법과 실증시험이 요구되고, 건축자재로서의 성능평가가 앞으로의 연구 과제라 하겠다.

후 기

이 논문은 2002년도 한국과학재단의 지원에 의하여 연구되었음.(과제번호 : 2000-3-31000-004-2)

참고문헌

1. 통계연보, 통계청, 2001
2. Sustaining the Earth. 4th edition, G. Tyler Miller, Jr., p135, 2000
3. 동아일보, 2000. 5. 17. 사회면
4. PV News 2000, 3월호, Casanova, Va., USA
5. WWW. solarwatt.de, www. photon.de
6. 태양광발전 연구회 자료
7. PV News, 1995, 2월호, Casanova, Va., USA
8. Staiss F., Photovoltaic, Vieweg & Sohn, Braunschweig/Wiesbaden, p12, 15, 1995