KIEAE Journal, Vol. 15, No. 1, Feb. 2015, pp.83-88

KIEAE Journal

Korea Institute of Ecological Architecture and Environment

71

경량 태양광발전 블라인드 개발 및 제어조건에 따른 음영분석

Developing the Light-weight PV Blind System and the Shading Analysis by the Control Conditions

정유근*

Chung, Yu-Gun*

** Corresponding author, Dep. of Architectural Engineering, Korea National Univ. of Transportation, South Korea (ygchung@ut.ac.kr)*

ABSTRACT

This study aims to develope the light-weight PV blinds with windows and to investigate the shading analysis by the control conditions. For the study, the polycarbonate characteristics and coating methods are analyzed and the PV blind design for a small office is suggested. Also, the mock-up model of a suggesting system was made. The field tests were controled based on a solar altitude under clear sky conditions. As results, it is necessary to use a polycarbonate instead of a tempered glass for a light-weight PV. The shading effects of blind systems are high in slat angle 30° and low in 0°. Also, the shading ratio is more affected by solar latitude than solar altitude. The shading change rate is relevantly constant on the solar altitude.

ⓒ 2015 KIEAE Journal

KEYWORD

경량,
태양광발전,
블라인드,
음영분석,
시제품,
시뮬레이션

Light-weight,
Photovoltaic,
Blinds,
Shading Analysis,
Mock-up, Simulation

ACCEPTANCE INFO

Received November 18, 2014
Final revision received February 24, 2015
Accepted February 25, 2015

1. 서론

블라인드는 실내로 사입되는 직사일광을 반사 및 확산 유입하여 실내 시환경 개선 및 조명부하를 줄일 수 있는 자연채광시스템이다. 이 때, 블레이드에 태양전지를 설치한 태양발전 블라인드는 직사일광에 의해 전력을 생산하는 융합 채광장치로 최근 다양한 형태로 개발되고 있는 저용량 마이크로 태양발전장치의 하나라 할 수 있다.[1)]

건축물 창호에 설치하는 태양광발전 블라인드는 구조적 안전성에 더하여 시공 및 조작의 편의성을 위해 경량화가 요구되고 있다. 보통 태양전지를 보호하기 위해 강화유리가 사용되나 경량발전 모듈은 폴리카보네이트가 보호재로 사용된다.[2)] 이들 경량모듈에는 다양한 코팅기술의 개발로 적외선 차단 및 투과계수를 향상시킨 고기능성 폴리카보네이트를 적용되고 있다.

연구는 폴리카보네이트를 이용한 경량발전 블라인드를 개발하고 제어조건에 따른 발전슬랫의 음영율 분석을 통하여 보다 효과적인 태양발전 블라인드 개발을 위한 기초자료를 제공하는데 연구목적이 있다. 이를 위해 폴리카보네이트 코팅기술을 검토하고 경량발전모듈 제작기법을 제안하고 제작된 경량모듈의 실용성 평가를 실시하였다.

또한, 소규모사무실을 대상으로 설치 가능한 태양발전 블라인드를 설계하고 다양한 발전슬랫의 제어조건에 따른 음영분석 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션은 계절(춘추분, 하지 및 동지)에 따라 슬랫각도 고정(수직, 수평, 30°, 45°, 60°)과 가동(3회, 5회, 9회, 11회, 14회)조건에서 실시하였다.

2. 경량 태양발전 블라인드 개발

2.1. 폴리카보네이트 특성 및 표면코팅

폴리카보네이트의 충격강도는 유리의 250배의 강도를 가지며, 굴곡강도 및 인장강도가 우수한 것으로 보고되고 있다. 열적특성 역시

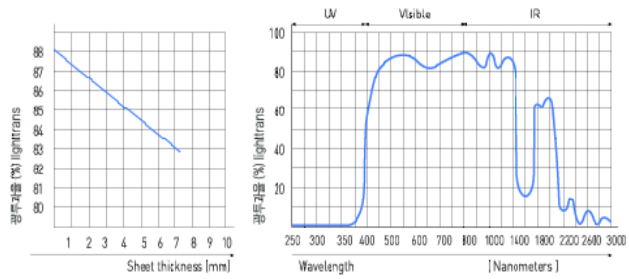

Fig. 1. Light Transmission Ratio of Polycarbonate

pISSN 2288-968X, eISSN 2288-9698
http://dx.doi.org/10.12813/kieae.2015.15.1.083

Fig. 2. Polycarbonate Coating Tests

-50℃에서 140℃까지 물성의 특성이 유지되는 우수한 수지로써 어디서나 안전하게 사용할 수 있다. 광학적 특성은 가시광선영역에서 폴리카보네이트는 82~92%의 빛을 투과시키는 것으로 보고되고 있다.[3)]

경량발전 블라인드에 적용되는 폴리카보네이트의 표면코팅 방법을 다양한 코팅조건에서 분석하였다. 코팅실험은 대표적 코팅방법인 폴리비닐, 히알루론산, 아크릴수지 및 니트로셀룰로오스 등 코팅재료를 사용하여 각 조건에 따른 투과율 및 반사율 변화를 헤이즈투과율계(HM-150)를 이용하여 측정하였다. 분석결과 폴리비닐 계열의 코팅방법이 투과율 73.7(%)로 자외선 차단 및 긁힘 방지재료로 적합한 것으로 분석되었다.

2.2. 경량발전 블라인드 모듈제작

강화유리 대신 폴리카보네이트를 활용한 경량발전 블라인드를 제작하기 위해서는 폴리카보네이트의 내열온도(140℃)에 맞추어 라미네이션(Lamination) 공정온도 낮 낮추고 공정시간을 늘린 제작공정이 필요하다. 또한, 비부식성 폴리비닐계 실리콘 코팅을 통하여 전기절연성 향상과 정전기 억제가 필요하다.

경량발전 블라인드 제작은 1.5(mm)와 2.0(mm)의 투명 폴리카보네이트 시트를 패널 보호재 및 백 시트(back sheet)를 사용하여 라미네이션 공정 중 발생할 수 있는 발전모듈의 휘어짐(bowing 현상)을 방지하였다. 제작은 라미네이션 온도 135(℃)의 저온에서 펌프 타임(pump time)을 기존 5분에서 12분으로 설정하여 모듈 내 공기층(bubble) 발생을 방지하였다. 또한 헤이즈(haze)를 방지하기 위해 홀드타임(hold time)은 기존 8분에서 15분으로 공정시간을 길게 유지하였다.

2.3. 태양발전 블라인드 설계

경량발전 블라인드를 설치한 소규모사무실의 조건은 (Fig 4)와 같다. 사무실(5.0mX4.2mX2.7m)은 남 측면에 2개의 창호(1.45mX 1.35m)가 설치되었다. 창호에 설치가능성과 태양전지의 규격을 고려하여 블라인드의 발전슬랫의 크기를 폭 1,080mm 그리고 깊이 120mm로 설정하였다. 이 때, 발전슬랫의 두께는 20mm로 설정되었다.

각각의 발전슬랫은 모두 8개의 경정질계 태양전지를 설치하여 최대출력 11.4(Wh), 개방전압 3.9(V), 개방전류 1.5(mA) 그리고 정격전압 2.78(V) 및 정격전류 4.11(mA)로 설정되었다. 또한 각 창에 설치되는 블라인드는 모두 4개의 발전슬랫으로 구성되어 총발전량은 최대 47.6(Wh)로 설정되었다.

제안된 경량발전 블라인드는 알루미늄으로 제작된 창호 거치대에 정착할 수 있도록 계획하였다. 이 때, 전동모터를 사용하여 발전슬랫

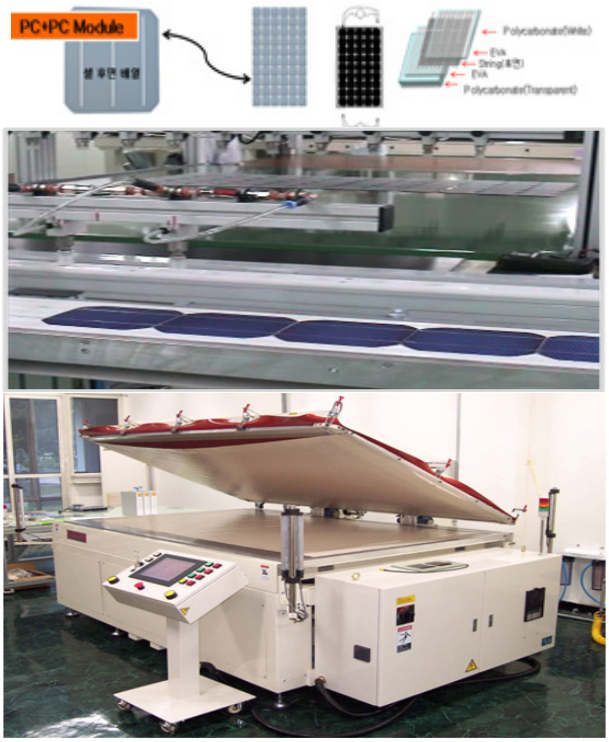

Fig. 3. Manufacturing Process of Light-weight PV

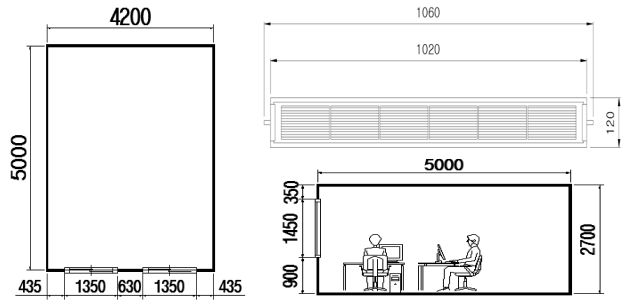

Fig. 4. Office Model and PV Blind

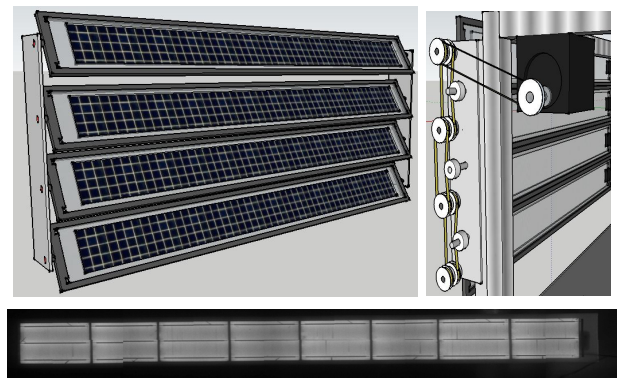

Fig. 5. PV Blind System Design

Fig. 6. PV Blind Mock-up

의 설치각도를 제어할 수 있는 가변형으로 제작하여 태양고도 변화에 대응할 수 있도록 계획하였다. 슬랫의 제어각도는 최소 3°에서 최대 20°까지 변화시킬 수 있다.

3. 경량 태양발전 블라인드 유효성 평가

3.1. 발전효율 평가

제작된 경량발전 블라인드의 발전효율 평가실험은 한국산업규격 KS C IEC 60904-9[4] 규정에서 제시된 기준 방사조도(100 Wm^{-2})에서 실시되었다. 방사조도는 기준조도의 ±2(%) 그리고 광원 균일도 역시 ±2(%)로 설정하였고 발전모듈의 개방전압(Voc), 단락전류(Isc), 최대전압(Vmax), 최대전류(Imax), 최대출력(Pmax), 곡선율(F.F) 및 효율(eff)을 평가하였다.

발전효율 평가결과 4개의 발전모듈의 정격출력은 각각의 모듈에 따라 11.28～11.54(Wh)로 평균 11.45(Wh), 개방전압은 3.89～3.91(V)로 평균 3.9(V) 그리고 개방전류는 1.47～1.67(A)로 평균 1.56(A)로 분석되었다. 또한, 정격전압은 2.75～2.81(V)로 평균 2.78(V)이고 정격전류는 4.03～4.14(A)로 평균 4.11(A)로 분석되었다. 그러므로 정격출력에 대한 발전효율은 1.85～1.99(%)이며 평균 1.88(%)로 분석되었다.

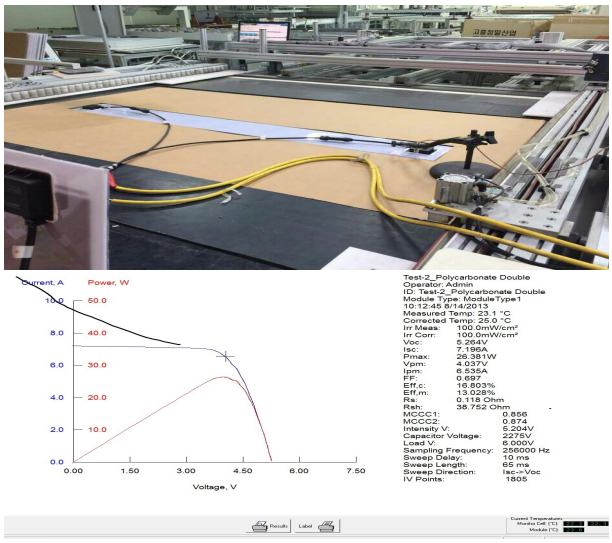

Fig. 7. Generating Efficiency Tests

Tab. 1. Results of Generating Efficiency Evaluation

	rated power (W)	rated voltage (V)	rated current (A)	efficiency (%)
mod. 1	11.545	2.811	4.107	1.887
mod. 2	11.471	2.768	4.144	1.806
mod. 3	11.487	2.806	4.093	1.989
mod. 4	11.286	2.749	4.106	1.853
ave.	11.45	2.780	4.110	1.880

3.2. 경량발전 블라인드 실용성 평가

제작된 경량발전 블라인드의 실용성 평가는 KS C IEC 61215 규정[5]에 따라 자외선 시험(UV test)를 실시하여 발전모듈의 저항력 및 보호능력 그리고 박리, 백화, 크랙 등의 발생여부를 평가하였다. 이때, 평가조건은 자외선 방사 중 모듈온도 60±5(℃), 모듈온도 정밀도 ±2(℃), 자외선 방사량 ±15(%) 정밀도 및 측정범위 280～385(nm) 파장 그리고 방사량 15(㎾h·㎡)에서 실시하였다.

실용성 평가는 먼저 자외선 방사에 의한 경량발전 블라인드의 이상여부에 대해 육안시험을 실시하였다. 시험결과 자외선 방사로 발전모듈에 균열, 절곡, 비틀림 및 태양전지 셀의 파손, 셀과 폴리카보네이트 사이의 기포발생 및 점착성과 투과정도 저하 등에 시각적 결함이 발견되지 않는 것으로 분석되었다.

경량발전 블라인드의 출력단자와 패널 또는 접지단자 사이의 절연여부를 평가하는 절연저항 평가결과 자외선 방사에 따른 절연파괴

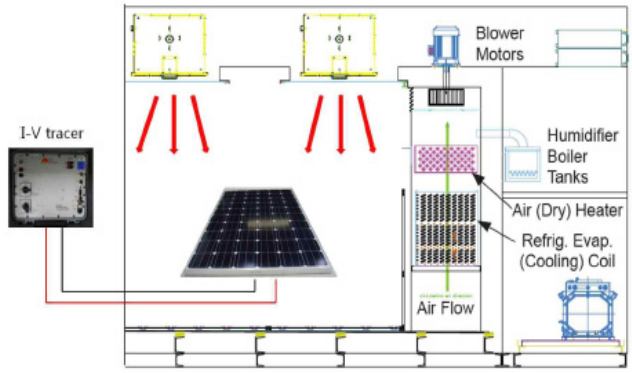

Fig. 8. Concept of Practical Use Tests

Fig. 9. Dielectric Tests

ⓒCopyright Korea Institute of Ecological Architecture and Environment

또는 균열이 없는 것으로 분석되었다. 또한, 0.1(㎡) 이하 면적에서 40(MΩ) 이상의 절연저항을 보이는 것으로 분석되어 절연기능을 만족시키는 것으로 분석되었다.

최대 전력시험은 자외선 방사량 700~1,500(W · ㎡)에서 셀 온도 25~50(℃)를 유지하며 실시하였다. 시험결과 자외선 방사에 따른 최대출력의 변화는 0.5~0.9(%)로 ±1(%)의 평가기준을 만족시키는 것으로 분석되었다. 또한, 환경온도의 불규칙한 반복에서 구조 및 재료간의 열전도 및 열팽창률에 의한 내구성을 평가하는 온도 사이클 시험결과 발전출력 95(%) 이상으로 만족스러운 것으로 분석되었다.

Tab. 2. Results of Maximum Electric Power Test

	power (W)	current (A)	voltage (V)	Factor
without UV	254.3	8.85	37.42	76.8
with UV (15kWh.m²)	252.2	8.86	37.39	76.2
change ratio (%)	0.3	-0.6	0.1	0.9

습윤누설전류시험은 정선박스를 제외한 발전모듈을 침수시킨 상태에서 경량발전 블라인드의 절연성능(물기침투)을 평가하였다. 시험은 저항특성 3,500 (Ω㎝) 이하, 모듈온도 22±3(℃) 및 직류연결조건에서 전압 500(V)를 5분 이상 유지한 상태에서 실시하였다. 시험결과 자외선 조사와 관계없이 모듈면적 1(㎡) 이상에서 평가기준 400(MΩ) 이상으로 측정되어 습윤누설전류시험을 만족시키는 것으로 분석되었다.

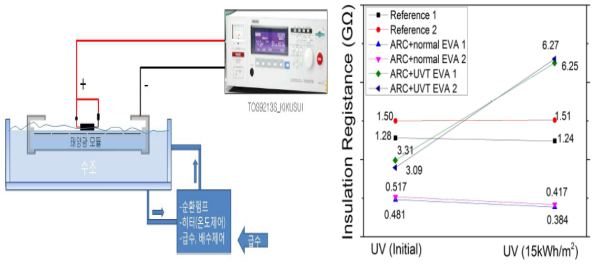

Fig. 10. Current Leakage Tests under Wet Conditions

Tab. 3. Results of Current Leakage Tests

	Insulation Resistance		change ratio (%)
	without UV	with UV(15kWh.m²)	
mod. 1	1.28 GΩ (OK)	1.24 GΩ (OK)	- 3.1%
mod. 2	1.50 GΩ (OK)	1.51 GΩ (OK)	-

4. 제어조건에 따른 음영분석

4.1. 음영분석 개요

경량발전 블라인드의 음영분석은 ECOTEC 프로그램을 이용하여 춘추분, 하지 및 동지에서 실시하였다. 시뮬레이션을 통한 음영분석은 오전 8시20분부터 오후 12시 50분에서 30분 간격으로 각 조건에서 10회 실시하여 음영율을 분석하였다. 이때, 발전슬랫의 제어조건은 고정각도(수평, 30°, 45°, 60°)와 가동각도(슬랫각도 30°~70°로 제어)에서 실시하였다. 이때, 이동각도에 따른 제어횟수는 3회부터 14회로 모두 5가지 경우로 설정하였다.

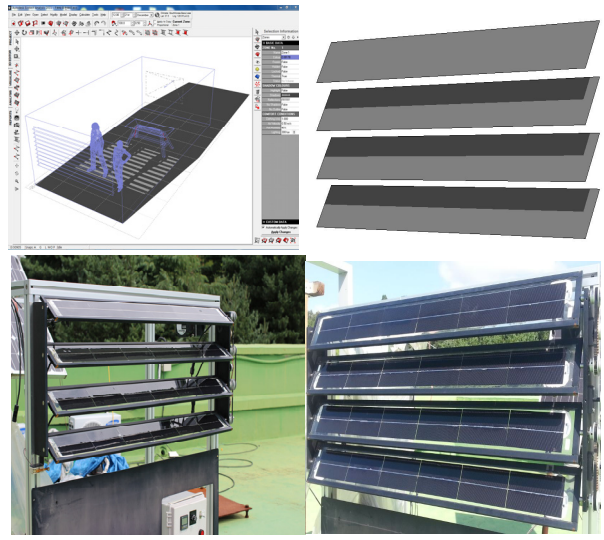

Fig. 11. Comparison of Simulations Field Tests

Tab. 4. Control Times by Blind Slat Mowing Angles

control	move angle	installation angle(°) by control times													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3	20°	30	50	70											
5	10°	30	40	50	60	70									
9	5°	30	35	40	45	50	55	60	65	70					
11	4°	30	34	38	42	46	50	54	58	62	66	70			
14	3°	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	62	63	66	69

4.2. 시뮬레이션 보정율 분석

시뮬레이션에서 발생할 수 있는 오차를 보정하기 위해 현장실험 결과와의 차이를 비교 · 분석하여 보정율을 산정하였다. 현장실험은 2012년 8월 28일과 29일에 발전슬랫의 설치각도 30°와 60°로 각각 고정하여 실시하였다. 그 결과는 같은 조건의 시뮬레이션 결과와 비교하였다.

분석결과 현장실험 음영률은 33.3~39.5(%)로 그리고 시뮬레이션 음영률은 30.3~35.3(%)로 현장실험 음영률이 높은 것으로 분석되었다. 이때, 두 실험결과의 음영률 차이는 최소 10.5(%)에서 최대

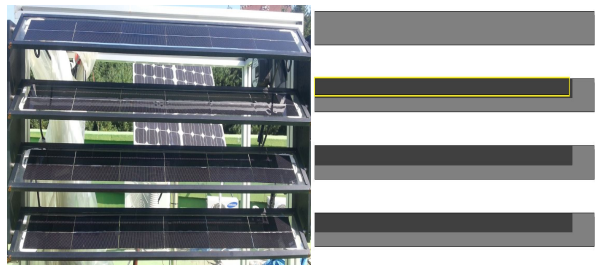

Fig. 12. Examples of Simulation and Field Test

Tab. 5. Error Correction Ratio of Simulations and Field Tests

angle	tests		shading area (㎡)	shading ratio (%)	error ratio (%)
30°	1	sim.	4,896/1,484	30.3	10.8
		field	4,896/1,661	33.9	
	2	sim.	4,896/1,445	29.5	13.4
		field	4,896/1,669	34.1	
60°	1	simu.	4,896/1,730	35.33	10.5
		field	4,896/1,932	39.45	
	2	simu.	4,896/1,667	34.1	14.8
		field	4,896/1,956	33.3	

14.8(%)로 분석되었고 평균 12.3(%)를 시뮬레후기 및 참고문헌 영ㅈ이션 결과의 보정률로 산정하였다.

4.3. 발전슬랫 고정각도 따른 음영분석

시뮬레이션을 활용하여 발전슬랫 각도(수평, 30°, 45°, 60°)에 따른 음영분석은 하지, 동지 및 춘추분을 기준으로 실시하였다. 발전슬랫을 수평(0°)으로 설정한 경우의 평균보정 음영율은 동지는 음영부분이 없고 춘추분에 전체 발전모듈 면적의 13.6(%) 그리고 하지에 49.6(%)로 태양고도가 높을수록 커지는 것으로 분석되고, 계절에 따른 평균 음영율은 21.0(%)로 분석되었다.

Tab. 6. Shading Ratio of Fixed Blind Angles

blind angle	shading ratio(corrected shading ratio, %)		
	spring equinox	summer solstice	winter solstice
0°	14.3 (12.5)	58.9 (51.6)	-
	14.9 (13.0)	57.2 (50.2)	-
	15.4 (13.5)	56.1 (49.2)	-
	15.8 (13.9)	55.4 (48.6)	-
	16.2 (14.2)	55.3 (48.5)	-
	16.6 (14.5)	55.6 (48.7)	-
	16.7 (14.6)	55.6 (48.8)	-
	16.3 (14.3)	55.2 (48.7)	-
	16.0 (14.0)	55.5 (48.6)	-
30°	23.8 (20.9)	75.8 (66.5)	5.20 (4.56)
	24.2 (21.2)	51.7 (45.3)	6.71 (5.88)
	24.4 (21.4)	49.9 (43.8)	7.80 (6.84)
	24.8 (21.7)	49.0 (42.9)	8.60 (7.54)
	25.0 (21.9)	48.5 (42.5)	9.10 (7.98)
	25.3 (22.1)	48.5 (42.6)	9.35 (8.20)
	25.3 (22.2)	48.5 (42.5)	9.33 (8.18)
	25.0 (21.9)	48.5 (42.6)	8.95 (7.85)
	24.8 (21.8)	49.0 (43.0)	8.40 (7.36)
45°	18.6 (16.3)	57.4 (50.3)	-
	19.0 (16.6)	55.4 (48.6)	2.73 (2.39)
	19.3 (16.9)	54.1 (47.4)	4.45 (3.91)
	19.6 (17.2)	53.5 (46.9)	5.61 (4.92)
	19.9 (17.4)	53.2 (46.6)	6.35 (5.57)
	20.1 (17.6)	53.4 (46.8)	6.66 (5.84)
	19.9 (17.4)	53.4 (46.8)	6.64 (5.82)
	19.9 (17.4)	51.3 (45.0)	6.14 (5.38)
	19.7 (17.2)	53.4 (46.8)	5.28 (4.63)
60°	25.7 (22.5)	58.8 (21.5)	-
	26.3 (23.1)	57.1 (20.1)	-
	26.9 (23.6)	56.1 (49.2)	-
	27.4 (24.0)	55.5 (48.6)	-
	27.8 (24.4)	55.4 (48.6)	-
	28.3 (24.8)	55.7 (48.8)	-
	28.4 (24.9)	55.7 (48.8)	-
	28.0 (24.5)	55.3 (48.5)	-
	27.6 (24.2)	55.5 (48.6)	-

Tab. 7. Average Shading Ratio of Fixed Blind Angles

blind angle	average shading ratio(corrected shading ratio, %)			
	spring equinox	summer solstice	winter solstice	ave.
0°	15.6 (13.6)	56.6 (49.6)	-	24.0 (21.0)
30°	24.6 (21.6)	52.8 (46.3)	7.65 (6.71)	28.3 (24.8)
45°	19.4 (17.0)	54.5 (47.8)	4.39 (3.85)	26.0 (22.8)
60°	27.1 (23.8)	56.6 (49.6)	-	27.9 (24.4)

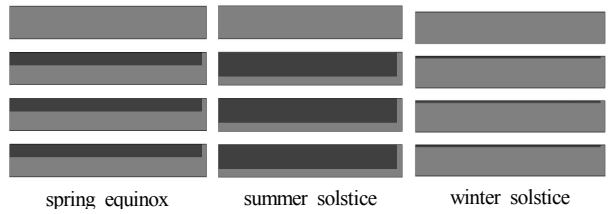

Fig. 13. Simulation Examples of Fixed Blind Angles

발전슬랫 각도 30°의 평균보정 음영율은 동지 6.71(%), 춘추분 21.6(%), 하지 46.3)%)로 분석되었다. 발전슬랫 각도 45°의 평균보정 음영율은 동지 3.85(%), 춘추분 17.0(%), 하지 47.8(%)로 분석되었다. 그리고 발전슬랫 각도 60°의 평균보정 음영율은 동지는 음영부분이 없소 춘추분 23.8(%), 하지 49.6(%)로 분석되었다. 그러므로 발전슬랫 각도에 따른 음영율은 수평(0°)에서 21.0(%)로 가장 낮고 45°, 60° 그리고 30°의 순서로 분석되었다.

4.4. 제어횟수에 따른 음영분석

시뮬레이션을 활용하여 태양발전 블라인드 발전슬랫 각도를 태양고도 변화에 따라 제어하는 경우의 음영율은 (표 8과) 같다. 음영분석은 하지, 동지 및 춘추분을 기준으로 실시하였고 발전슬랫의 이동각도는 30°~70°로 설정되었다.

제어횟수에 따른 평균보정 음영율 변화는 23.3~23.7(%)로 실제적으로 제어횟수에 따른 음영율 변화는 미비한 것으로 분석되었다. 대

Tab. 8. Average Shading Ratio of Moved Blind Angles

control times	average shading ratio(corrected shading ratio, %)			
	spring equinox	summer solstice	winter solstice	ave.
3	26.1 (21.9)	53.2 (43.6)	5.43 (5.52)	28.2 (23.6)
5	26.5 (22.2)	54.4 (44.5)	3.72 (3.26)	28.2 (23.3)
9	26.7 (22.7)	55.3 (45.2)	3.10 (2.72)	28.3 (23.5)
11	27.9 (23.4)	55.2 (45.1)	3.05 (2.68)	28.7 (23.7)
14	28.0 (23.4)	55.0 (45.0)	3.10 (2.72)	28.7 (23.7)

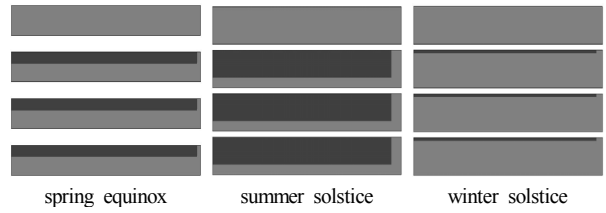

Fig. 14. Simulation Examples of Moved Blind Angles

ⓒCopyright Korea Institute of Ecological Architecture and Environment

Tab. 9. Shading Ratio of Control 3-times Condition

blind angle	shading ratio(corrected shading ratio, %)		
	spring equinox	summer solstice	winter solstice
30°	23.8 (20.9)	53.7 (47.1)	5.21 (4.56)
	24.1 (21.2)	50.8 (44.6)	6.71 (5.87)
	24.5 (21.5)	49.1 (43.0)	7.81 (6.83)
	24.7 (21.7)	48.1 (42.1)	8.61 (7.54)
50°	28.4 (24.9)	53.5 (46.9)	4.31 (3.78)
	28.8 (25.2)	53.4 (46.8)	4.73 (4.15)
	28.9 (25.3)	53.9 (47.3)	4.34 (3.81)
	28.5 (25.0)	54.1 (47.4)	4.11 (3.61)
70°	25.7 (22.5)	57.5 (50.4)	-
ave.	26.1 (21.9)	53.2 (43.6)	5.10 (4.63)

표적 음영분석으로 제어횟수가 가장 적은 3회의 음영분석 결과는 (표 9)와 같다. 보정 음영율은 동지에 4.6(%)로 가장 낮으며 춘추분 21.9(%), 하지 43.6(%)로 증가하여 태양고도가 높을수록 커지는 것으로 분석되었다. 계절간 평균 보정 음영율은 23.6(%)로 분석되었다.

4.5. 발전슬랫 고정 및 가동의 음영율 비교

태양발전 블라인드의 슬랫 각도조건에 따른 음영율 분석결과 슬랫각도를 고정한 경우의 변화 폭이 21.0~24.8(%)로 가동형 보다 크며 수평(0°)와 45°에서 가동형 보다 유리한 것으로 분석되었다. 가동형의 경우 음영율이 비교적 일정(변동 폭 0.4%)하며 이는 발전슬랫이 태양고도에 따라 변화하여 슬랫사이의 음영면적이 일정하게 유지되기 때문인 것으로 사료된다.

5. 결 론

연구는 창호에 설치되는 경량 태양발전 블라인드를 계획하고 제어조건에 따른 음영분석을 실시하였다. 경량발전모듈 개발을 위해 폴리카보네이트를 사용하였고 투과율을 유지하며 자외선 차단 및 표면 긁힘방지를 위해 폴리비닐 계열의 실리콘 코팅이 필요한 것으로 분석되었다.

경량 폴리카보네이트 발전모듈 제작을 위해서는 라미네이션 온도 135(℃)의 저온에서 펌프시간 12분 및 홀드시간 15분으로 처리시간을 연장하여 모듈 내 공기층 발생 및 헤이즈 현상을 방지하여야 하는 것으로 분석되었다. 또한, 모듈제작과정에서 발생할 수 있는 휘어짐 현상을 방지하기 위해 1.5와 2.0(mm)의 투명 폴리카보네이트 사용이 필요한 것으로 분석되었다.

발전슬랫의 제어조건에 따른 음영분석 결과 슬랫의 고정각도 수평(0°)의 설치조건에서 음영면적이 가장 적어 발전효과가 높을 것으로 예측되며 슬랫 고종각도 30° 고정에서 슬랫의 음영율이 가장 높은 것으로 분석되었다. 태양고도 변화에 따라 발전슬랫의 각도를 제어되는 경우에는 태양고도 변화에 슬랫각도가 대응하여 음영면적은 슬랫각도와 관계없이 비교적 일정한 것으로 분석되었다.

연구는 고효율의 경량 태양발전 블라인드 시스템 개발을 위한 기초연구로 수행되었다. 앞으로 발전성능 및 현장실험을 통하여 다양한 설치 및 제어조건에 따른 발전성능과 실내 채광 및 에너지성능 평가를 지속적으로 수행하여 종합적인 성능평가를 수행하고자 한다.

Acknowledgement

This study was conducted under the auspices of National Research Foundation with the financial support of Korean Ministry of Education and Science Technology in 2011(No. 03-2011-0078).

Reference

[1] 임교열, 정유근, “창호형 태양광 발전장치 설계 및 기초성능 평가”, 한국친환경설비학회논문집, 제4권 4호. 2010.12. pp. 201-208./ (Kyo-Yeal Im, Yu-Gun Chung, “The Design and Basic Performance Evaluation of Photovoltaic Windows”, Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, 2010. 12(Vol.4 No.4), pp. 201-208.)
[2] 정유근, “창호거치 태양광발전 가변형광선반 설계 및 기초적 발전성능에 관한 연구”, 한국생태환경건축학회논문집, 제13권 6호, 2013 12. pp, 105-111./ (Yu-Gun Chung, “A Study on the Design and Power Performance of a Variable Photovoltaic Lightshelf Mounted on the Windows”, Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, 2013 12(Vol. 13 No. 6), pp. 105-111.)
[3] 동국전기/ (http://www.dkg.co.kr.)
[4] 한국산업규격 KS C IEC 60904-3 및 KS C IEC 61215 2005. 3./ (Korea Industrial Standards KS C IEC 60904-3 and KS C IEC 61215, 2005. 3.)
[5] 김소현, 손아름, 김인택, 최안섭, 블라인드 PV 제어에 따른 실내 빛환경 및 발전량 측정, 조명전기설비학회논문지, vol.27 no. 2, 2013, pp 14-21./ (So-Hyun Kim, A-Rom Son, In-Tae Kim, An-Seop Choi, “A Measurement of Luminous Environment and Power Generation according to Control Methods of Blind PV”, 2013.(Vol.27 No.2), pp 14-21.)
[6] 한국패시브건축학회/ (http://www.phiko.co.kr.)