

[논문] 한국태양에너지학회 논문집

Journal of the Korean Solar Energy Society

Vol. 26, No. 3, 2006

소규모 사무실 공간에서 간접조명에 대한 조광제어 시스템효율

김수영*, 정용호**, 손장열***

*The Univ. of Sharjah (sooykim@umich.edu), **한양대학교 대학원 건축공학과(coil@cwunet.ac.kr),
***한양대학교 건축공학부 (jysohn@hanyang.ac.kr)

Control Efficiency of a Daylight Dimming System for Indirect Lighting in a Small Office

Kim, Soo-Young*, Jung, Yong-Ho**, Sohn, Jang-Yeul***

*Dept. of Architectural Engineering, The University of Sharjah, UAE (sooykim@umich.edu)

**Dept. of Architectural Engineering, Graduate School, Hanyang University(coil@cwunet.ac.kr)

***College of Architecture, Hanyang University(jysohn@hanyang.ac.kr)

Abstract

Daylight dimming control system was analyzed for an indirect lighting system in a small office space with a double skin envelope system. Computer simulations were performed for photosensors with three shielding conditions. The photosensors were placed on the center of ceiling, and backwall. Three sky conditions defined by CIE were considered. Overall, control performance was not very excellent for all conditions. Fully-shielded photosensor achieved good control performance for some cases, but partially-shielded and unshielded photosensors failed to achieve target illuminance. The variation in desktop illuminance due to daylight was examined for a variety of daylight conditions. Linear correlation between desktop illuminance and photosensor illuminance was analyzed using ANOVA.

Keywords : 조광제어(Daylight dimming control), 간접조명(Indirect lighting system), 이중외피(double skin), 차단조건(Shielding), 최적조도(Optimum illuminance)

1. 서 론

실내에서 시적쾌적감(visual comfort)은 자연

채광과 전기조명방식에 의하여 조성되는 시환경에 의하여 영향을 받는다. 쾌적한 시환경을 조성하기 위하여 주광(daylight)을 활용하는 방안이 고려되

어 왔으며, 이는 재실자의 시적쾌적감 및 심리적 만족도를 향상시키는데 기여한다.[1-4]

조명시스템의 효율적인 사용과 에너지 절약적인 측면에서 직접조명 방식이 전반적으로 사용되고 있다. 그러나, 직접조명은 빛의 강도분포 (candle power distribution)를 조절하는 수단인 루버, 스크린등이 효과적으로 적용되지 않을 경우 재실자에게 눈부심현상(glare)을 초래한다. 눈부심의 최소화 및 시적만족도 증가는 간접조명방식에 의하여 효과적으로 이루어진다.[5] 따라서, 재실자의 시적 불쾌감을 최소화하기 위하여 간접조명방식의 사용이 효율적으로 사용될 수 있지만, 이는 에너지 효율이 낮은 단점이 있다.

에너지 효율의 증가 및 재실자의 시적 만족도를 향상시키기 위하여 자연채광과 간접조명 시스템은 연계되어 사용된다. 이를 효과적으로 사용하기 위하여 조광제어 시스템 (daylight dimming control system)이 적용되나, 간접조명방식조건에서는 조명기구로부터 발산되는 빛의 분포로 인하여 그 시스템은 효율적으로 활용되지 않는다.

따라서, 본 연구는 간접조명이 설치된 소규모 이중외피 사무실공간에 대하여, 조광제어시스템의 제어(daylight dimming control)효율을 컴퓨터 시뮬레이션(computer simulation)을 이용하여 분석함으로써 주광의 효과적인 활용방안을 검토한다.

2. 컴퓨터 시뮬레이션

2.1 시뮬레이션 프로그램 (Simulation Program)

컴퓨터를 이용한 시뮬레이션은 레이디언스(Desktop Radiance Version 1.02)를 사용하여 실시되었다. 이 프로그램은 미국의 국립연구기관인 로렌스 버클리 연구소 (Lawrence Berkeley National Laboratory)에서 개발되었다.[6]

레이디언스에 사용된 주된 해석이론은 몬테카를

로(Monte Carlo)이론을 적용한 광선추적기법(Ray-tracing)이다. 이는 조명기구로부터 발생하는 빛의 강도를 기준으로 하여 각 표면에서의 조도(illuminance) 및 휘도(luminous)를 계산한다. 또한, 건물의 형태, 시간 및 지정학적 위치변화에 대하여 자유로운 건물의 모델링(modeling)이 가능하다. 주광조도 예측시 중요한 변수인 대기조건의 혼탁도(Turbidity)를 변수로 고려할 수 있어 신뢰할 수 있는 계산 결과를 제공한다.[7]

본 연구에서 레이디언스는 주광 및 전기조명부 터 발생하는 조도를 예측하는데 있어 주된 해석용 프로그램으로 사용되었다. 주광에 의한 조도계산이 이루어진 후, 전기조명에 의한 조도의 영향이 고려되어 최종적인 광센서신호(photosensor signal)이 계산되었다. 이 신호에 근거하여 조광제어시스템에 설치된 조정기(controller)의 조절(setting condition) 조건에 따라 전기조명기구의 최종출력이 계산되었다.

2.2 시뮬레이션 조건

이중외피가 설치된 소규모 사무실공간이 시뮬레이션에 사용되었다. 공간은 크기는 폭 3.0m, 깊이 3.6m, 높이 2.7m이며, 이중외피는 정남측 및 정북측을 향하는 것으로 가정되었다. 내부외피와 외부외피의 거리는 0.9m이며, 두 외피 사이에 빈 공간은 캐버티(cavity)로 가정되었다.

내부 및 외부외피는 100% 유리로 가정되었으며, 유리면의 투과율과 반사율은 60% 및 7%이다. 캐버티의 상부 및 측면부의 투과율은 각각 0%, 60%, 가정되어 캐버티 공간의 상부는 오버행(overhang)으로 작용하였으며, 측면으로 주광은 입사하는 것으로 가정되었다.

실내공간의 천장, 벽, 바닥의 반사율은 각각 80%, 50%, 20%로 가정되었다. 책상의 크기는 가로 1.5m, 세로 0.75m, 높이 0.75m 으며, 실의 남북측 중심선상에 책상의 중심이 놓여 있었다. 실내외피에서 책상의 중심은 2.02m(6.75ft) 이격

되었으며, 책상면의 반사율은 30%로 가정되었다.

각 블라인드 슬랫(blind slat)의 이격거리는 2.54cm (1")이며 수평으로 외부외피 전면에서 설치되었다. 섬유조직으로 구성된 차양장치가 내부외피에 설치되어 내부외피 부분을 상부로부터 0%, 50% 차양하는 것으로 가정되었다. 블라인드 슬랫의 반사율은 71%, 차양장치에 사용된 섬유조직의 투과율은 10%로 가정되었다. 분석대상공간 및 차양장치 조건은 그림 1 및 그림 2에 명시되어 있다.

사무소 공간이 위치한 곳은 미국의 미시건(Michigan)주의 앤 아버(Ann Arbor)시로 가정되었다 (위도: 42°14', 경도: 83°32'). 지표면의 반사율은 10%로 가정되었으며, 레이디언스 프로그램에서 가정하는 세가지 천공조건 (Clear, Intermediate, Overcast sky)이 사용되었다. 시뮬레이션에 적용된 일자는 12월, 3월, 6월의 각 21일이며, 각 일별 한 시간 간격으로 적용되었다. 시뮬레이션에 이용된 주광조건 및 각 시간별 태양 고도와 방위각은 표 1 및 표 2에 나타나 있다.

전기조명기구들은 미국의 Peerless Lighting Co.에서 생산된 간접조명장치가 사용되었다 (카타로그 번호: LDX-020451). 조명장치에는 2개의 T8 (직경: 0.67") 형광램프가 설치되며, 각 램프당 32W의 전력을 소모되어 2900 lm의 광속(luminous flux)이 발산된다.

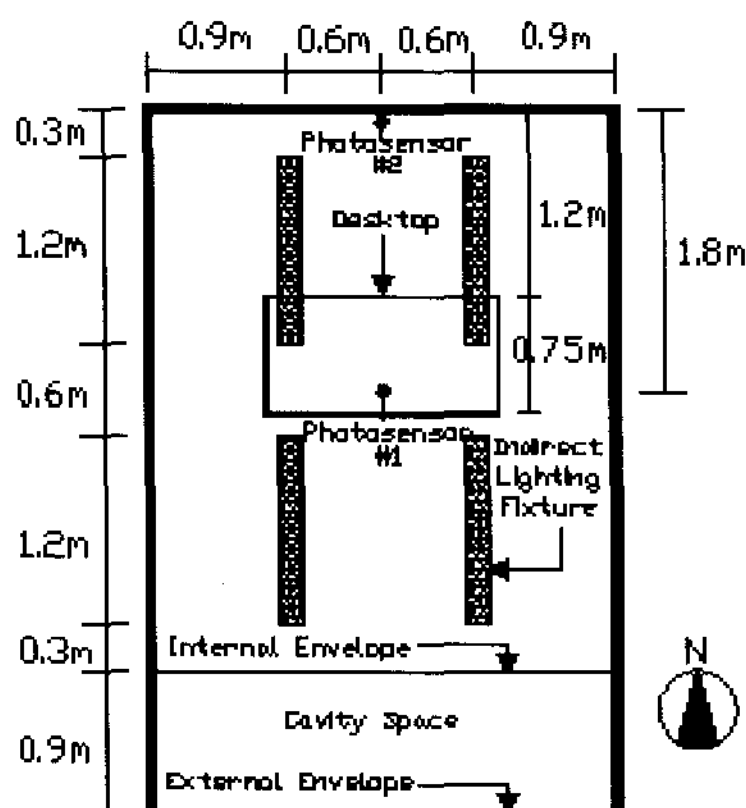


그림 1. 분석대상공간

조명기기는 천장으로부터 18" (45.7cm) 이격되어 설치되어 천장면을 향하여 모든 빛의 강도(candle power)를 투사하였다. 최대 강도는 1415 cd이며 효율은 86.7%이다. 책상면의 목표조도는 북미조명공학회 (IESNA)에서 사무실 공간을 대상으로 제안하는 'E' 조도등급 중 중간값인 760 lx (70fc)로 설정되었다.[8]

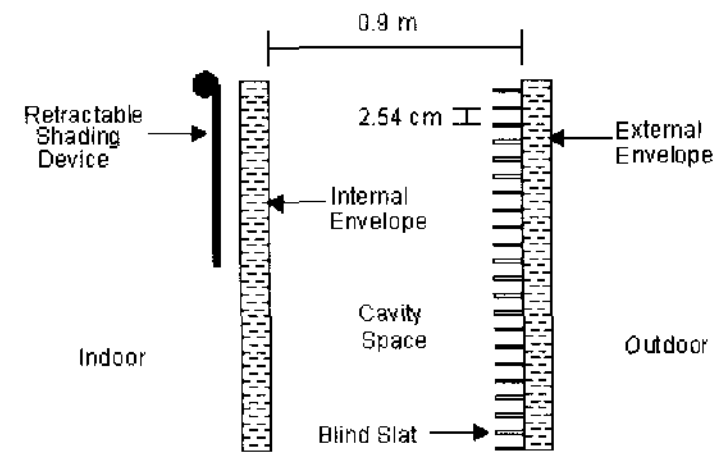


그림 2. 차양장치상세

표 1. 주광조건

방향	일자	시간	차양조건		천공조건
			내부외피	외부외피	
남측	12/21	08:00	0%	수평	Clear Intermediate Overcast
	3/21	-	50%	블라인드	
	6/21	17:00			
북측	12/21	08:00	0%	수평	Clear Intermediate Overcast
	3/21	-		블라인드	
	6/21	17:00			

표 2. 태양고도 (altitude) 및 방위각 (azimuth)

	시간	12/21	1/21	2/21	3/21	4/21	5/21	6/21
태양 고도 방 위 각	8	**	1.9	8.3	16.1	24.3	29.8	31.9
	9	8.3	10.9	18.0	26.3	35.1	40.8	42.9
	10	15.7	18.5	26.3	35.4	45.1	51.4	53.7
	11	21.0	24.1	32.5	42.5	53.4	60.7	63.5
	12	23.9	27.1	35.9	46.6	58.4	66.8	70.1
	13	23.9	27.1	35.9	46.6	58.4	66.8	70.1
	14	21.0	24.1	32.5	42.5	53.4	60.7	63.5
	15	15.7	18.5	26.3	35.4	45.1	51.4	53.7
	16	8.3	10.9	18.0	26.3	35.1	40.8	42.9
	17	**	1.9	8.3	16.1	24.3	29.8	31.9
	8	**	-60.1	-66.2	-73.9	-83.2	-90.6	-93.8
	9	-47.3	-49.2	-54.8	-62.2	-71.7	-79.9	-83.5
	10	-35.4	-37.0	-41.6	-48.2	-57.6	-66.4	-70.5
	11	-22.0	-23.1	-26.3	-31.2	-38.9	-47.2	-51.6
	12	-7.4	-7.8	-9.0	-10.8	-14.0	-18.0	-20.5
	13	7.4	7.8	9.0	10.8	14.0	18.0	20.5
	14	22.0	23.1	26.3	31.2	38.9	47.2	51.6
15	35.4	37.0	41.6	48.2	57.6	66.4	70.5	
16	47.3	49.2	54.8	62.2	71.7	79.9	83.5	
17	**	60.1	66.2	73.9	83.2	90.6	93.8	

2.3 제어시스템 설정조건

광센서(photosensor)는 실의 두 지점에 설치되는 것으로 가정되었다. 센서 #1은 실의 중심지점에서 책상면을 향하여 책상면과 수직을 이루도록 천장에 설치되었다. 센서 #2는 바닥면으로부터 2.1m 지점의 후벽면에 창을 향하여 창문과 수직각도를 이루도록 설치되었다. 설치위치는 그림 1에 나타나 있다.

각 지점에 설치된 센서에 완전차단조건(fully-shielded), 부분차단조건(partially-shielded), 및 완전노출조건(unshielded) 조건이 적용되었다.

완전차단 조건의 경우, 계산점주위가 360° 차단되어 센서의 중앙에서 분석대상공간의 바닥을 향한 감지 범위는 67.2°의 범위로 제한되었다. 부분차단조건은 센서가 설치된 천장의 중심에서 분석대상공간의 남측과 북측을 연결한 선을 기준으로 동서방향으로 각각 90°(전체 180°)로 이루어 졌다. 완전노출된 센서는 감지점이 완전 노출되어 광원의 직접적인 영향을 받는 것으로 설정되었다. 차단부분의 표면반사율은 71%로 가정되었으며, 계산점의 하부에 위치한 원형부분은 시뮬레이션 에서 제외되었다. 차단조건은 그림 3에 명시된다.

광센서가 감지한 신호를 조명기에 보내어 출력을 제어하는 조정기(controller)는 광센서조도가 395 lx를 초과하면 전기조명이 최소출력을 나타내도록 설정되었다. 조명기에 설치된 램프출력 조절기(ballast)는 10%~100%의 조명출력을 나타내는 것으로 가정되었다. 광센서의 조도와 전기 조명출력의 관계는 그림 4에 나타나 있다.

각 주광 조건별 시스템의 성능을 평가하기 위하여, 책상면의 주광조도에 근거하여 목표조도공급에 필요한 전기조명의 최적출력량을 산정하였다. 책상면의 주광조도와 조명기기 출력량의 차이를 제곱한 합의 오차 (SSE: Error Sum of Squares)를 최소화 하는 선형회귀분석이 적용되었다. 최적출력량은 본 연구에서 가정된 모든 조건하에서 책상면에 필요한 목표조도 760 lx (70 fc)를 공급하는 것으로

로 설정되었다.

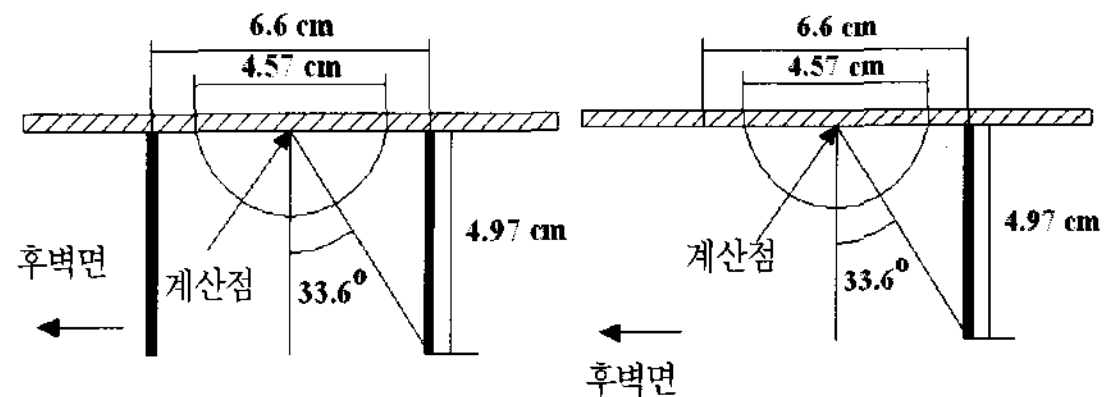


그림 3. 광센서 차단조건(좌:완전차단, 우:부분차단)

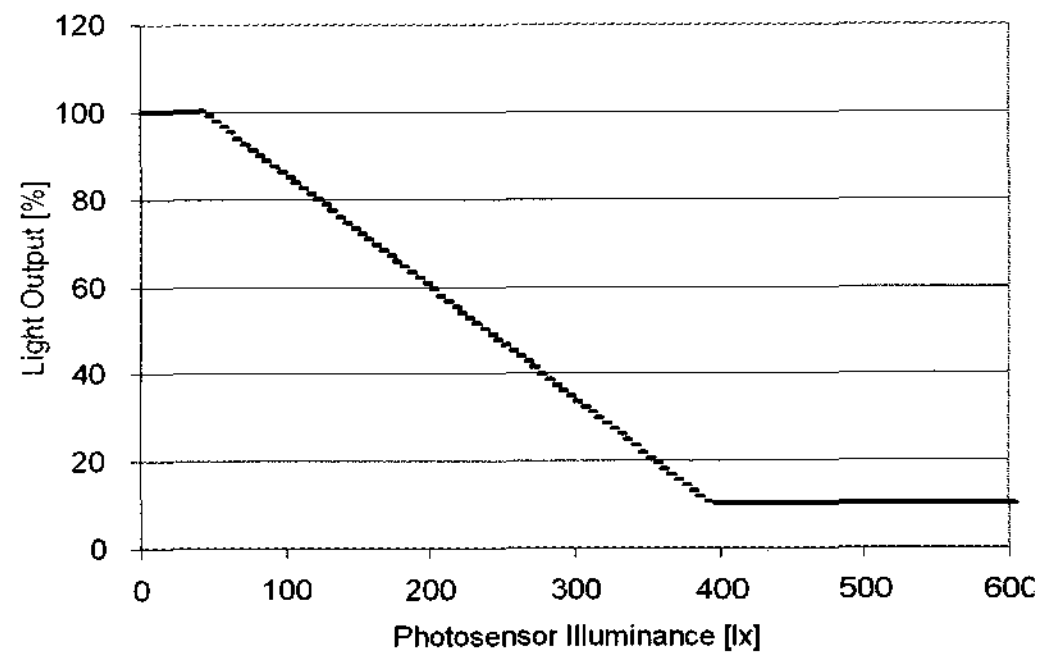


그림 4. 광센서조도와 전기조명기구의 출력량

3. 시뮬레이션 결과

3.1 책상면의 주광조도 변화

책상면의 주광조도 변화는 계절별 천공조건에 따라 다른 양상을 보이면서 변화하였다. 전반적으로 청천공(clear sky) 조건에서 각 계절별 주광조도는 다른 두 가지 천공조건에서의 조도와 비교하여 높은 값을 나타내었다. 이러한 차이는 대기를 이루고 있는 성분입자의 역할 및 CIE 천공모델조건에서 가정하고 있는 구름의 비율로 인하여 발생된 것으로 판단된다.

북측방향인 경우 태양고도가 높은 6월에 조도는 태양고도가 연중 가장 낮은 12월에 비교하여 높은 범위를 나타내었다. 일반적으로 태양의 영향이 고려되는 경우 수평브라인드가 사용되면, 태양고도가 낮은 12월에는 실내로 유입되는 주광의 입사각이 낮아 직사주광의 영향으로 인하여 책상면 조도는

다른 계절 보다 높을 수 있다. 그러나 북측방향의 경우 태양의 직접영향이 고려되지 않아 태양고도가 높은 계절에 더욱 높은 주광분포를 보인 것으로 판단된다.

본 연구에 가정된 건물이 위치한 북반구의 경우, 태양고도가 높아지면 태양고도가 낮은 경우에 비교하여 천저(zenith)에 가까운 부분이 밝게 된다. 이는 북측하늘(sky)표면에 가까운 부분으로부터 더욱 많은 양의 빛이 산란되어 건물에 도달하는 것을 의미한다. 따라서, 북측방향의 경우 시뮬레이션 조건 중 가장 높은 태양고도인 $36.8^{\circ} \sim 70.3^{\circ}$ 를 나타내는 6월의 경우 가장 높은 주광조도를 보인 것으로 해석된다.

이와 같은 해석을 근거로 하면, 고도가 $8.5^{\circ} \sim 24.1^{\circ}$ 의 범위에서 가장 낮은 분포를 보이는 12월의 경우 최저주광조도 분포를 보인 것으로 판단된다. 시간별 주광분포도 태양의 고도가 증가할수록 높게 나타났다.

남측방향의 경우, 계절별 주광조도는 북측방향의 경우와 반대로 나타났다. 태양고도가 높아지면 주광조도는 감소하는 현상을 나타내었다. 이는 이중외피의 캐버티 상부부분이 오버행(overhang)으로 작용하여 발생된 결과로 판단된다.

본 연구에서는 오버행의 깊이(depth)가 0.9 m로 가정되어, 태양고도가 높아지면 실내에 도달하는 직사주광이 오버행에 의하여 차단되어 낮은 조도분포를 보인 것으로 사료된다. 오버행은 변화하는 태양고도 조건에서 실내로 도달하는 직사주광을 차단하여, 실내에서 실질적인 태양의 영향을 고려하는 프로파일각도(profile angle)의 변화를 초래한 것으로 판단된다.

단일외피구조의 공간에서도 태양고도가 높아지면 주광은 실내공간 깊숙이 도달하기 어렵지만, 이중외피구조에서 이러한 현상은 오버행으로 작용하는 캐버티 상부부분으로 인하여 더욱 심하여 질 것으로 예상된다. 계절별, 방향별 책상면의 주광조도는 [그림 5]-[그림 7]에 있다.

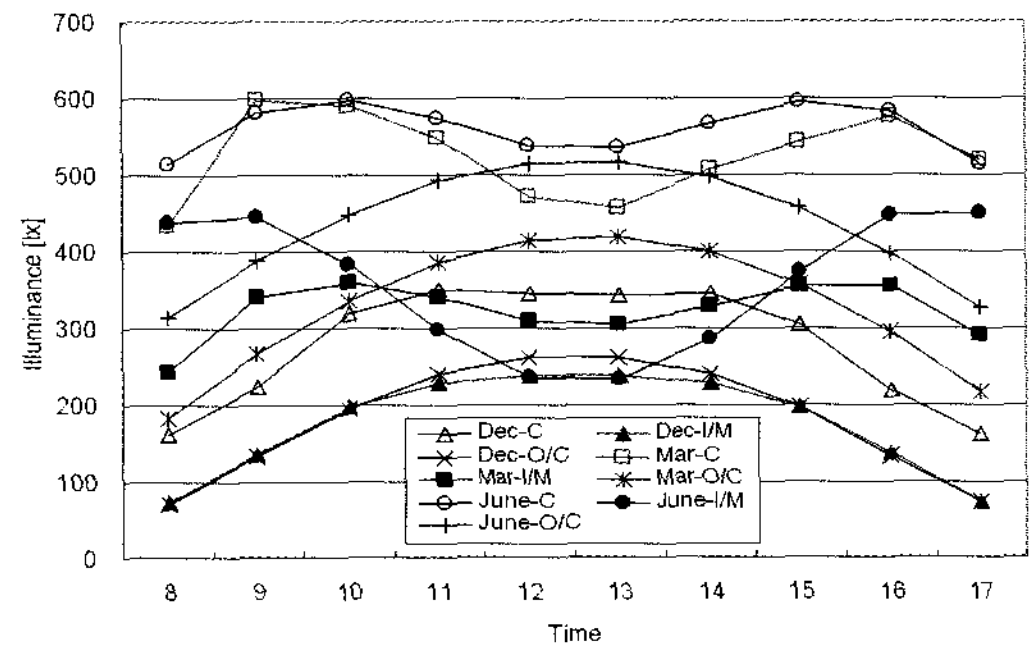


그림 5. 책상면 주광조도 (북측방향, 0%차양조건)

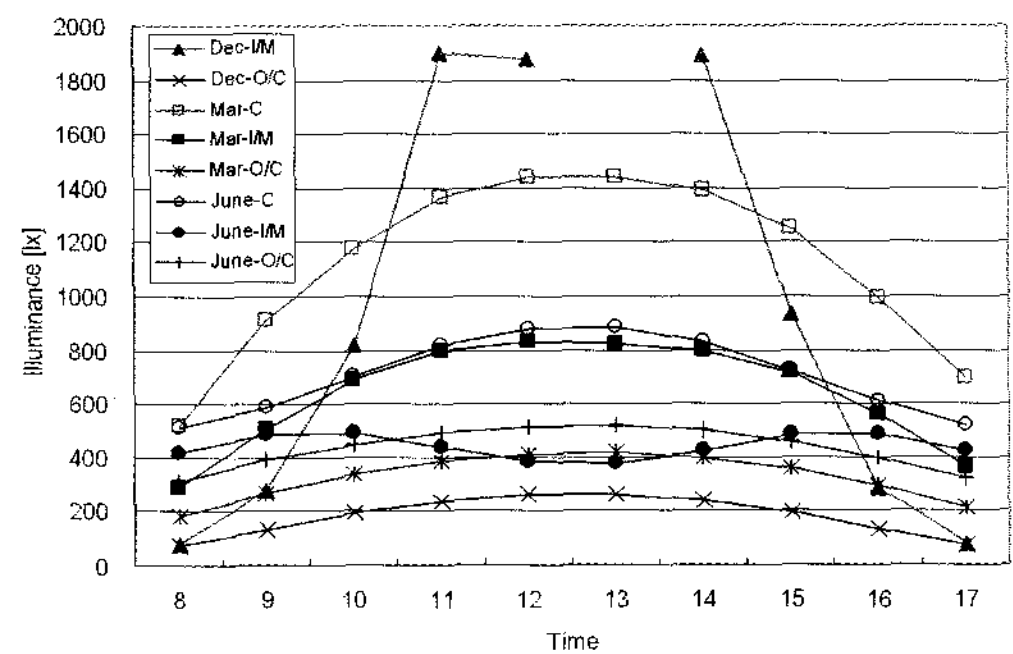


그림 6. 책상면 주광조도 (남측방향, 0% 차양조건)

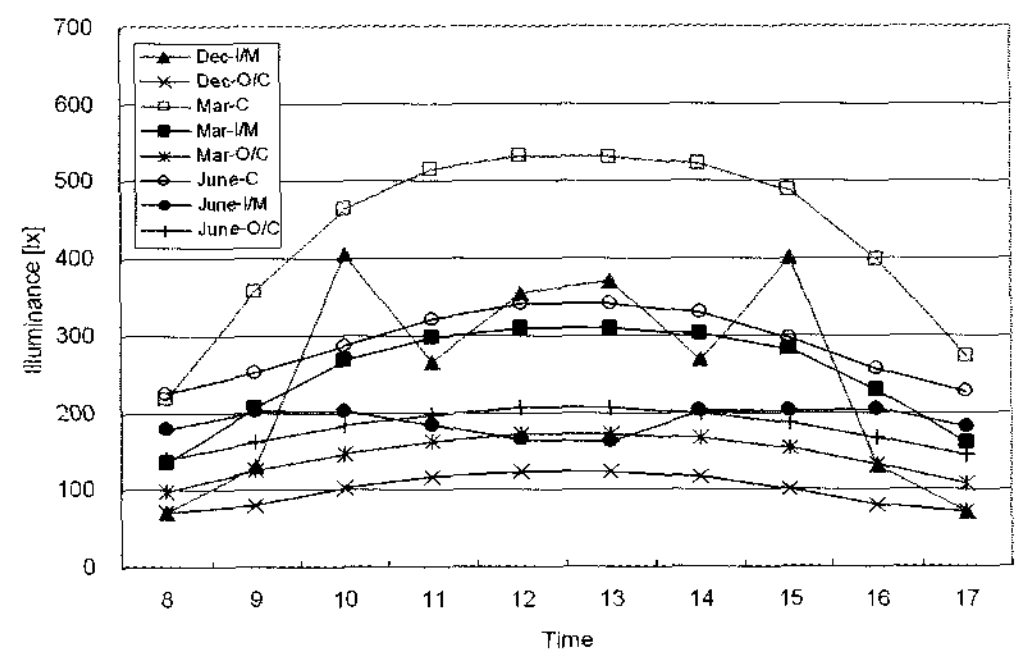


그림 7. 책상면 주광조도 (남측방향, 50% 차양조건)

3.2 책상면 주광조도와 광센서 주광조도의 선형 회귀분석

광센서 신호값은 책상면에서 주광조도의 변화를 민감하게 반영하여 책상면의 목표조도를 공급하기 위하여 필요한 전기조명기구의 출력을 제어 하는데 중요하게 작용한다. 따라서, 조광제어시스템을 이

용하여 조명기기를 제어하고자 경우, 광센서조도와 책상면에서의 주광조도와의 상관성을 분석할 필요성이 있다.

본 연구에서는 책상면 주광조도와 각 차단조건이 적용된 세가지 광센서의 주광조도 간 상관관계를 선형회귀분석(linear regression)을 이용하여 도출하였다. 이에 근거하여, 두 변수간의 상관성을 나타내는 결정계수 (coefficient of determination, r^2)를 계산하였다. 또한, 회귀분석의 유효성을 5% 신뢰도수준 (significance level)을 적용한 ANOVA분석을 이용하여 검토하였다.

각 조건별 회귀분석의 경우, 신뢰도값이 '0'으로 나타나 선형회귀분석은 유효한 것으로 판정되었다. 센서의 각 차단조건별 상관성은 0.8 이상으로 나타났다. 이는 선형회귀분석에서 책상면 주광조도의 변화가 고려되는 경우 광센서조도의 변화는 (variation) 80% 이상 감소됨을 의미한다.

태양의 직접영향이 없는 북측조건의 경우, 천장에 설치된 광센서의 경우 후벽면에 설치된 센서에 비교하여 결정계수 값은 높게 나타났다. 반면, 남측방향의 경우 후벽면에 설치된 광센서의 경우 그 상관성이 천장에 설치된 광센서의 경우와 비교하여 높게 나타났다.

이는 주광의 직접영향이 없는 경우, 천장에 설치되는 광센서가 더욱 민감하게 책상면의 조도변화를 반영하여 조명제어에 효과적으로 작용한다는 것을 암시한다. 반면, 태양의 영향이 고려되면, 후벽면에 설치된 광센서가 천장면에 설치된 센서보다 민감하게 책상면의 조도변화를 반영하는 것을 의미한다.

차단조건별 결정계수는 부분차단된 센서가 높은 값을 나타내었으며 완전 차단된 센서의 경우 가장 낮았다. 부분차단된 경우, 창으로부터의 직사주광의 효과는 효율적으로 차단하고 실내에서 발생하는 반사성분의 영향을 반영하여 책상면의 조도변화와 높은 상관성을 보인 것으로 판단된다. 이는 주광의 효과만 고려되는 경우, 부분차단된 조건이 책상면의 조도 변화를 효과적으로 반영하여 조명기구의

출력을 제어하는 것을 의미한다. 이는 기존의 연구 결과와 유사하다. [9-10] 두 변수간의 상관분포는 [그림 8]-[그림 11]에 나타나 있으며, 이에 대한 유효성 검증은 <표 3>에 나타나 있다.

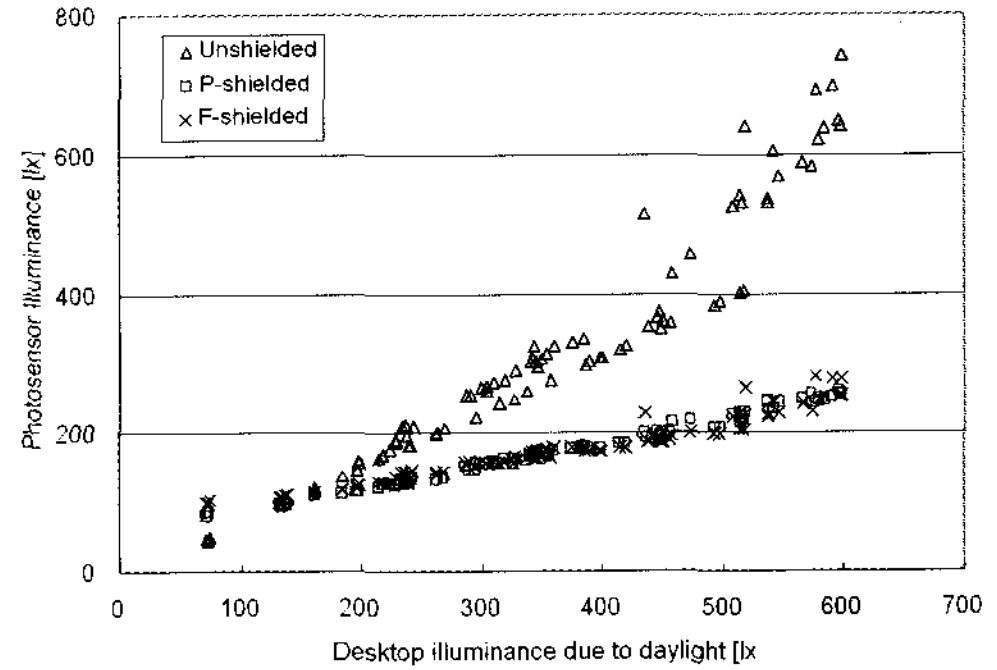


그림 8. 광센서조도와 책상면조도의 상관관계 (북측방향, 천장설치)

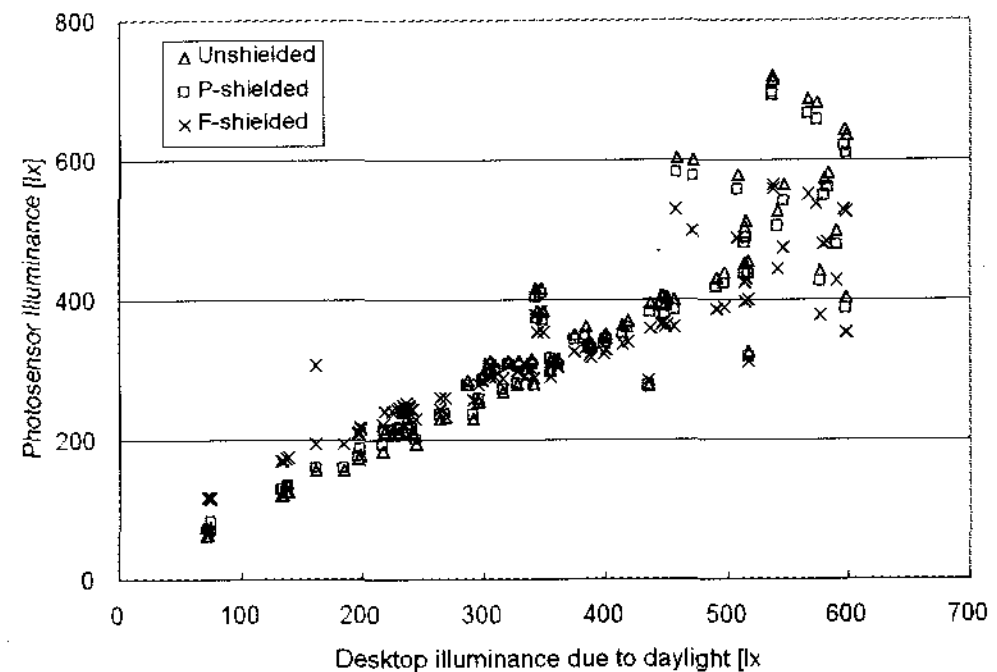


그림 9. 광센서조도와 책상면조도의 상관관계 (북측방향, 후벽면설치)

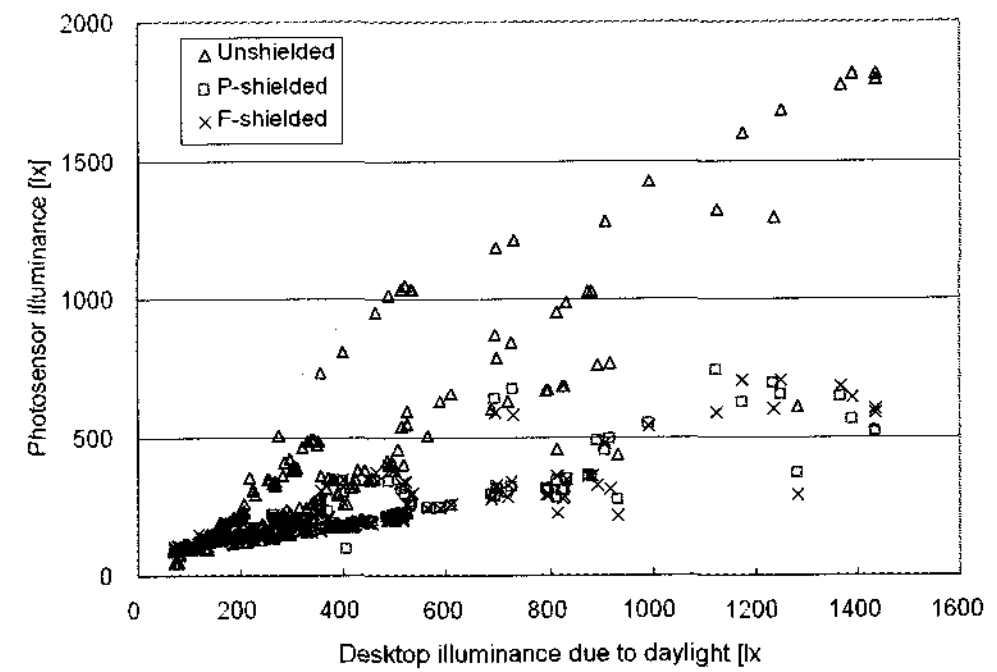


그림 10. 광센서조도와 책상면조도의 상관관계 (남측방향, 천장설치)

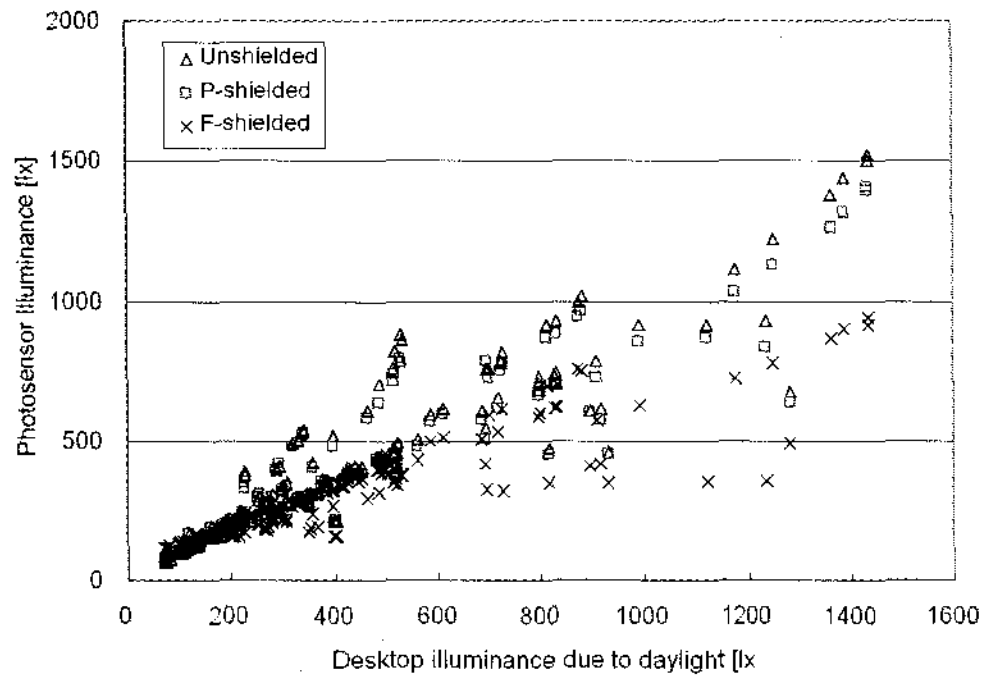


그림 11. 광센서조도와 책상면조도의 상관관계 (남측방향, 후벽면설치)

표 3. 선형회귀분석 결과

방향	위치	차단조건	r ²	'F' Test	Sig.
북측	천장	완전노출	0.919	F(1, 88) = 993.9	0.00
		부분차단	0.989	F(1, 88) = 7912.2	0.00
		완전차단	0.935	F(1, 88) = 1271.2	0.00
	후벽면	완전노출	0.851	F(1, 88) = 497.6	0.00
		부분차단	0.843	F(1, 88) = 471.5	0.00
		완전차단	0.834	F(1, 88) = 442.1	0.00
남측	천장	완전노출	0.811	F(1, 167) = 715.4	0.00
		부분차단	0.807	F(1, 167) = 699.5	0.00
		완전차단	0.795	F(1, 167) = 646.5	0.00
	후벽면	완전노출	0.871	F(1, 167) = 1132.5	0.00
		부분차단	0.872	F(1, 167) = 1147.1	0.00
		완전차단	0.828	F(1, 167) = 804.1	0.00

3.3 제어성능평가

책상면에서 주광조도 및 광센서의 주광조도 변화를 근거로 하여 전기조명기구의 출력량을 산정하였다. 각 천공조건, 계절, 차양장치 조건 및 광센서 조건에 따른 조광제어(dimming control) 성능은 [그림 12]-[그림 17]에 나타나 있다. 그래프에 나타난 각 데이터점은 센서조건별 광센서에서의 조도 변화에 따라 제어장치에 의하여 제어된 조명기구의 출력량을 나타낸다.

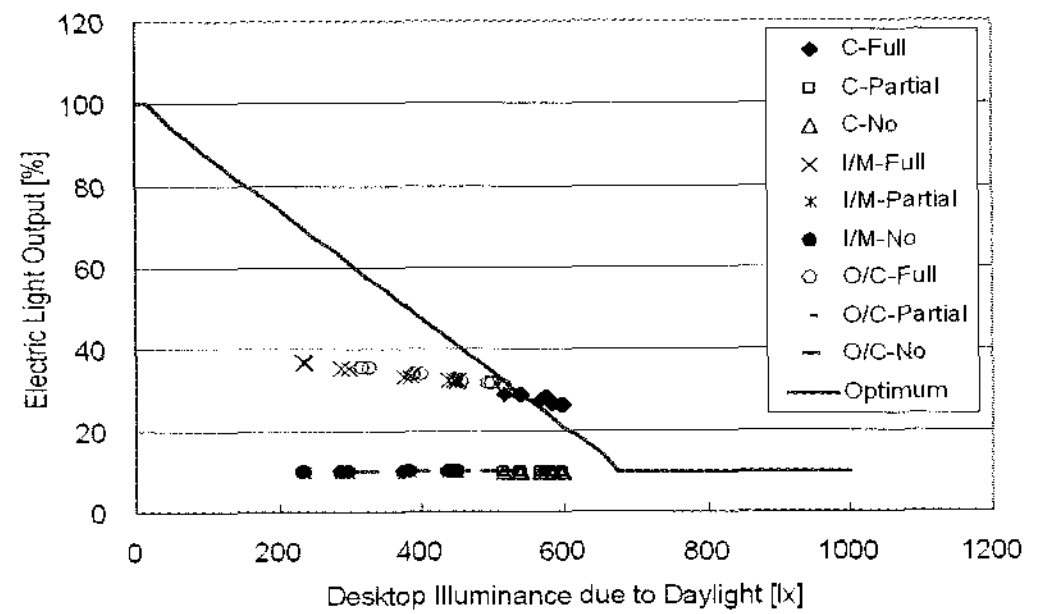
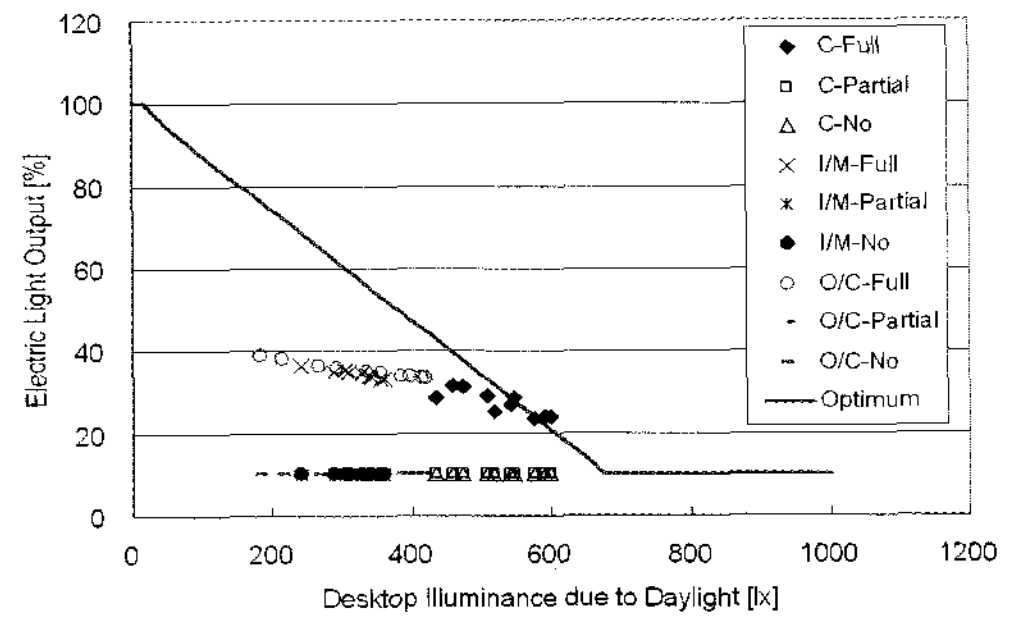
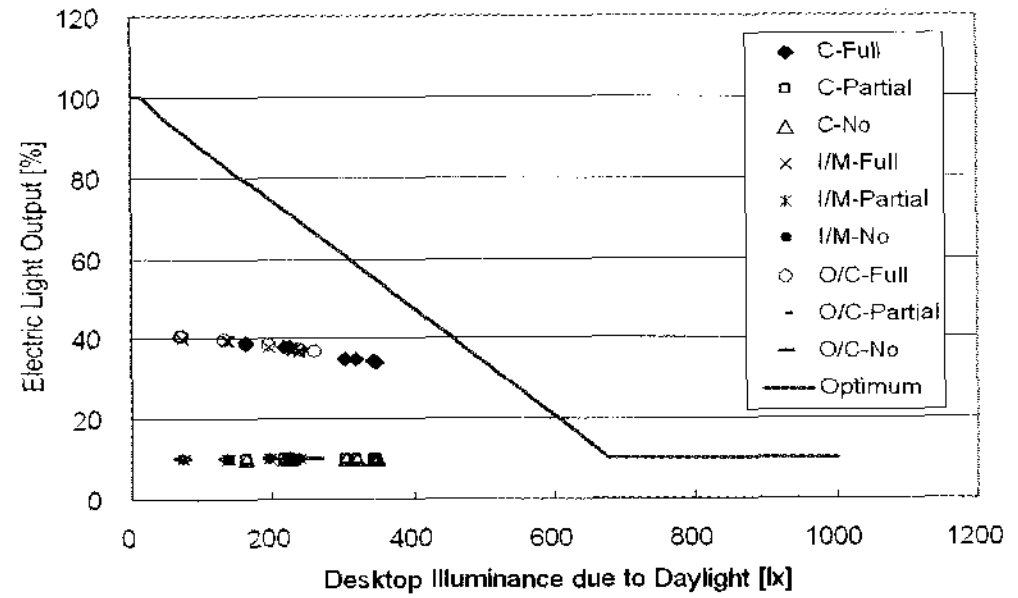


그림 12. 최적조명출력 및 시스템 제어성능(북측방향) (천장설치, 상:12/21, 중:3/21, 하:6/21)

최적출력(optimum line)량은 각 주광조건에 따라 변화하는 책상면 주광조도조건에서 책상면 목표조도(760 lx)를 만족시키기 위하여 필요한 전기조명기구의 출력량이다. 이는 디밍제어성능을 평가하기 위한 기준으로 사용되었으며, 조명기구의 출력량을 나타내는 각 점은 최적출력선에 비교되어 평가되었다.

시스템의 제어성능을 평가하기 위하여 조명기구의 출력량에 따라 '우수', '양호', '실패', '권장안함'의 4 가지 범위가 설정되었다.

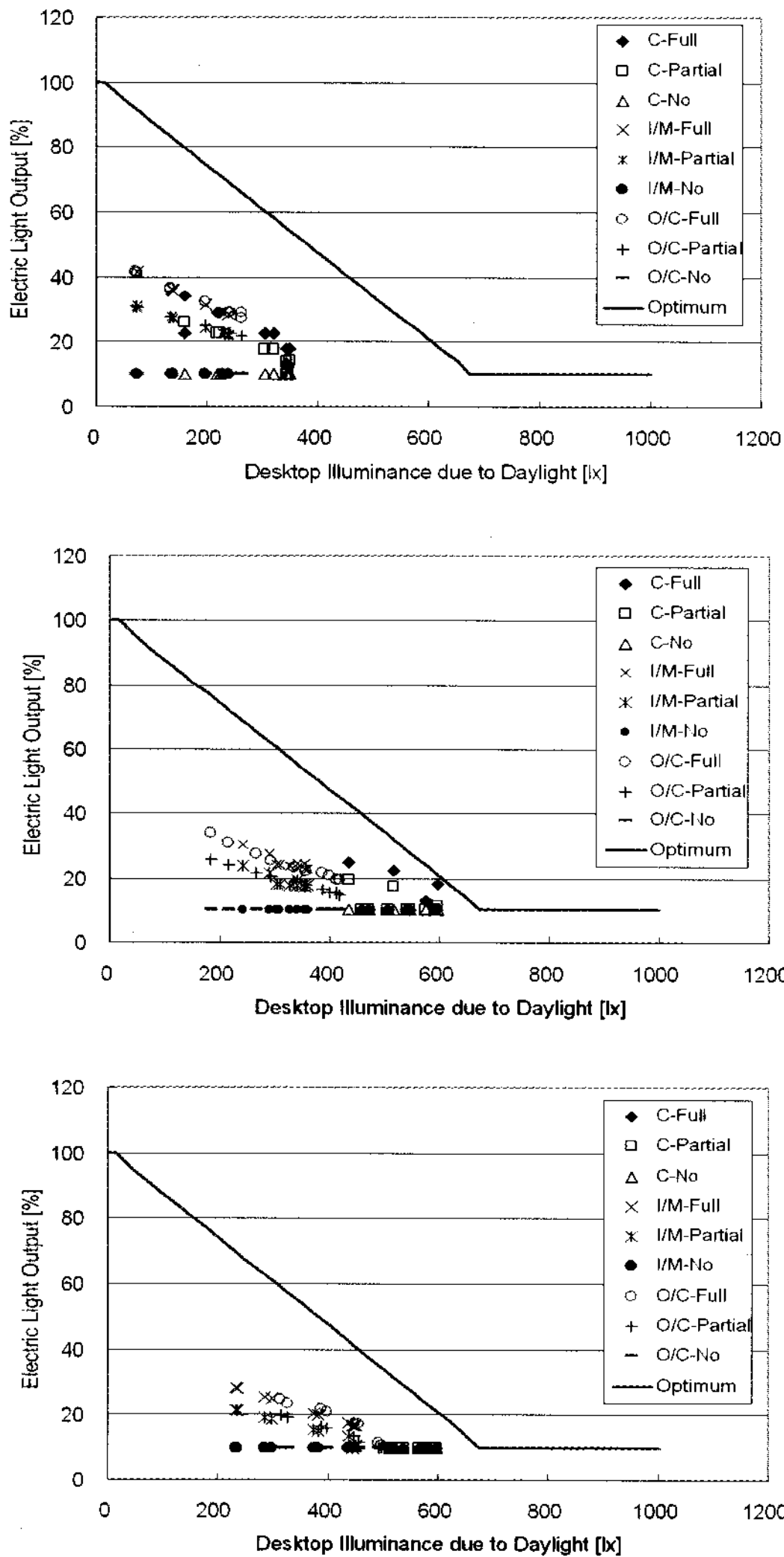


그림 13. 최적조명출력 및 시스템 제어성능 (북측방향)
(후벽면설치, 상:12/21, 중:3/21, 하:6/21)

‘우수’조건은 목표조도의 40%가 주광에 의하여 공급되며, 조명기기의 출력이 10%~65%의 범위 내에서 최적출력선에 가장 근사한 값을 보이는 경우로 설정되었다. ‘양호’조건은 조명출력이 10%~65%이며, 최적출력선에서 근사하여 위치하는 경우이다. ‘실패’ 조건은 조명출력량이 부족하여 최적출력선의 하부에 위치하여 목표조도를 공급하지 못하는 경우이다. ‘권장안함’조건은 부족한 주광분포로 인하여 70%이상의 전기조명 출력이 공급된 경

우와 최적출력선의 상부에 위치하여 과도한 조명출력을 제공하는 경우로 설정되었다.

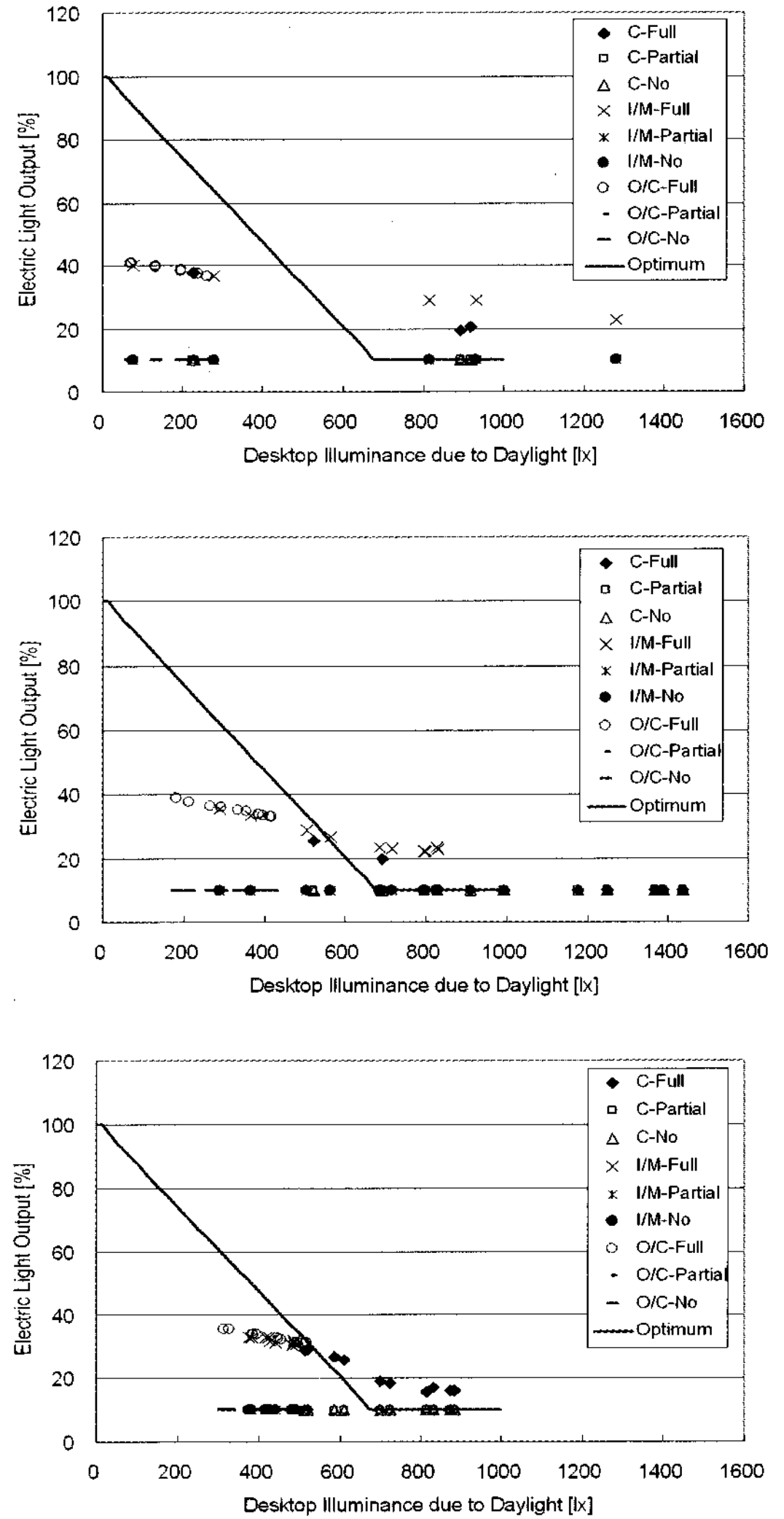


그림 14. 최적조명출력 및 시스템 제어성능(남측방향)
(0% 차양조건, 천장설치, 상:12/21,중:3/21, 하:6/21)

태양의 직접영향이 없는 북측방향의 경우, 조광 제어는 대부분의 경우 실패하였다. 청천공(clear sky)조건에서 실의 중심에 위치한 완전차단된 광 센서의 경우 효과적인 제어성능을 나타내었다. 후벽면에 위치한 센서의 경우 모든 차단조건하에서 목표조도 공급은 이루어지지 않았다.

일반적으로 북측방향의 경우 실내로 유입되는 주광의 영향이 크지 않아서 조광제어시스템은 효과적으로 사용된다.[9,10,11] 이는 태양으로부터 직사조도의 영향이 없고 천공표면으로부터 안정적인 조도의 공급이 가능하여 나타난 것이다.

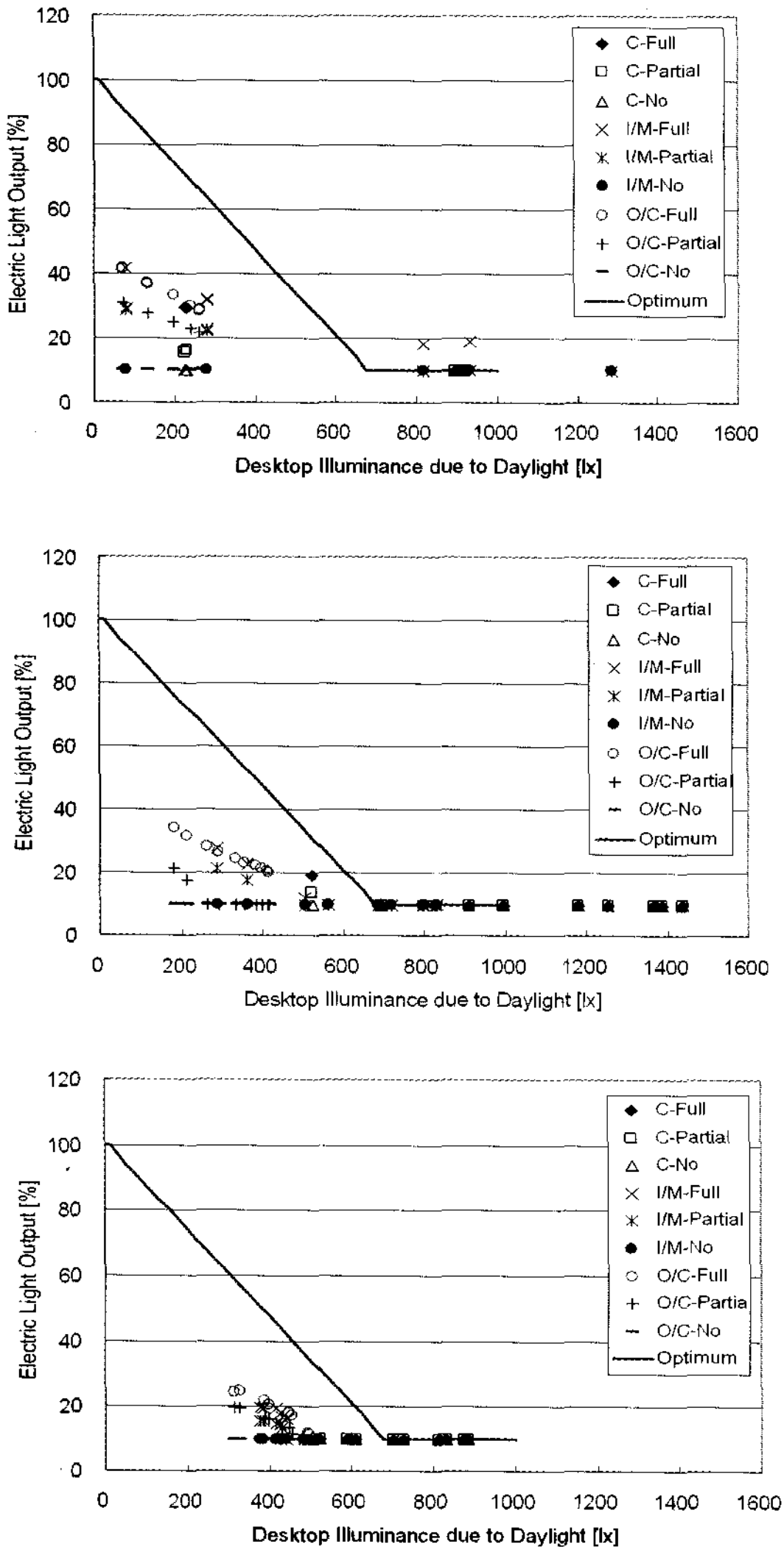


그림 15. 최적조명출력 및 시스템 제어성능 (남측방향)
(0% 차양조건, 후벽면설치, 상:12/21, 중:3/21, 하:6/21)

그러나, 본 연구에서는 간접조명기구가 사용되어, 태양으로부터 영향보다는 조명기구로부터 광센서에 도달하는 빛의 영향이 더욱 많아 조명기구의

출력량제어는 실패한 것으로 판단된다.

완전차단조건이 우수한 제어성능을 나타낸 원인은 차단부분이 조명기구로부터 발산되는 빛을 효과적으로 차단하여 광센서에서의 조도를 적정범위 이내로 제어하였기 때문인 것으로 생각된다. 본 연구에서 가정된 다른 두 가지 차단조건을 적용할 경우, 조광제어의 실패는 조명기구로부터 발산되는 빛을 효과적으로 차단되지 아니하여 발생된 것으로 판단된다. 이는 너무 많은 양의 빛이 광센서에 도달하여 조명기구의 출력량이 과도하게 제어되어 발생된 것이다.

태양의 영향이 고려되는 남측방향의 경우, 태양 고도가 낮아 직사주광이 실내 깊이 도달되는 12월을 제외하고, 완전차단조건이 청천공에서 우수한 제어성능을 나타내었다. 북측방향에서의 결과와 유사하게 완전차단부분이 효과적으로 빛을 차단하여 목표조도공급에 성공한 것으로 생각된다. 빛에 직접 노출되는 완전노출조건인 센서는 과도한 신호를 제어기로 보내 필요이상의 디밍을 이루어 목표조도공급에 실패한 것으로 판단된다.

본 연구에서는 청천공조건에서 완전차단된 광센서의 제어성능이 우수한 것으로 나타나 단일외피소규모 사무실 공간에서 실시된 기존의 연구결과와 차이를 보이고 있다. 기존의 연구에 의하면, 3가지 조명방식(직접, 간접, 직.간접 방식)이 설치된 단일외피 시스템의 소규모 사무실 공간내에서 부분차단된 광센서는 완전차단 및 차단 조건이 고려되지 않은 센서에 비하여 우수한 제어성능을 나타내었다.[9,12]

이는 이중외피를 이루고 있는 전면부분이 커튼월(curtain wall) 구조로 구성되어 벽면에서 유리부분이 차지하는 비율이 100%이어서, 많은 양의 주광이 유입되어 광센서 신호에 영향을 주어 발생된 것으로 생각된다. 또한, 기존의 연구에서는 조명기구의 장축(long axis)이 창문과 수평을 이루어 배치된 반면, 본 연구에서는 수직으로 배치되어 빛의 분포(candle power distribution)가 두 연구에서 다르게 작용하였다.

주광을 이용하여 간접조명 전기조명장치를 제어하는 조광제어시스템(daylight dimming control system)을 적용할 경우, 광센서에 도달하는 주광 및 전기조명으로부터 빛의 분포방향을 예측하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 광센서가 조명기구의 주된 빛 투사영역에 위치되어 조명기구로부터 발산되는 많은 양의 빛의 영향으로 인하여, 필요이상의 디밍량이 발생된 것으로 판단된다. 따라서, 과도한 양의 빛을 효과적으로 차단한 완전차단조건인 경우 제어성능은 우수하게 나타난 것으로 판단된다.

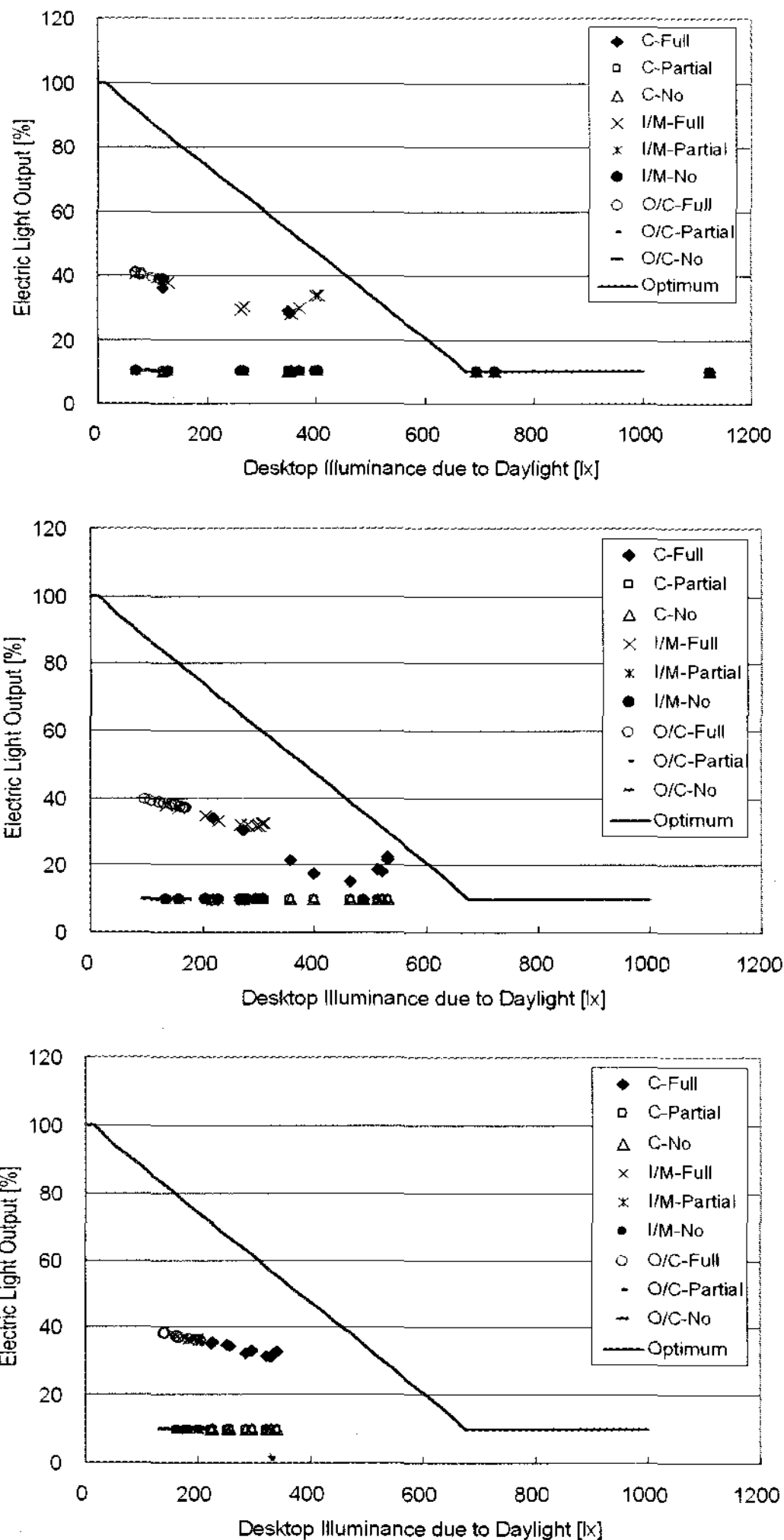


그림 16. 최적조명출력 및 시스템 제어성능 (남측방향)
(50% 차양조건, 천장설치, 상: 12/21, 중: 3/21, 하: 6/21)

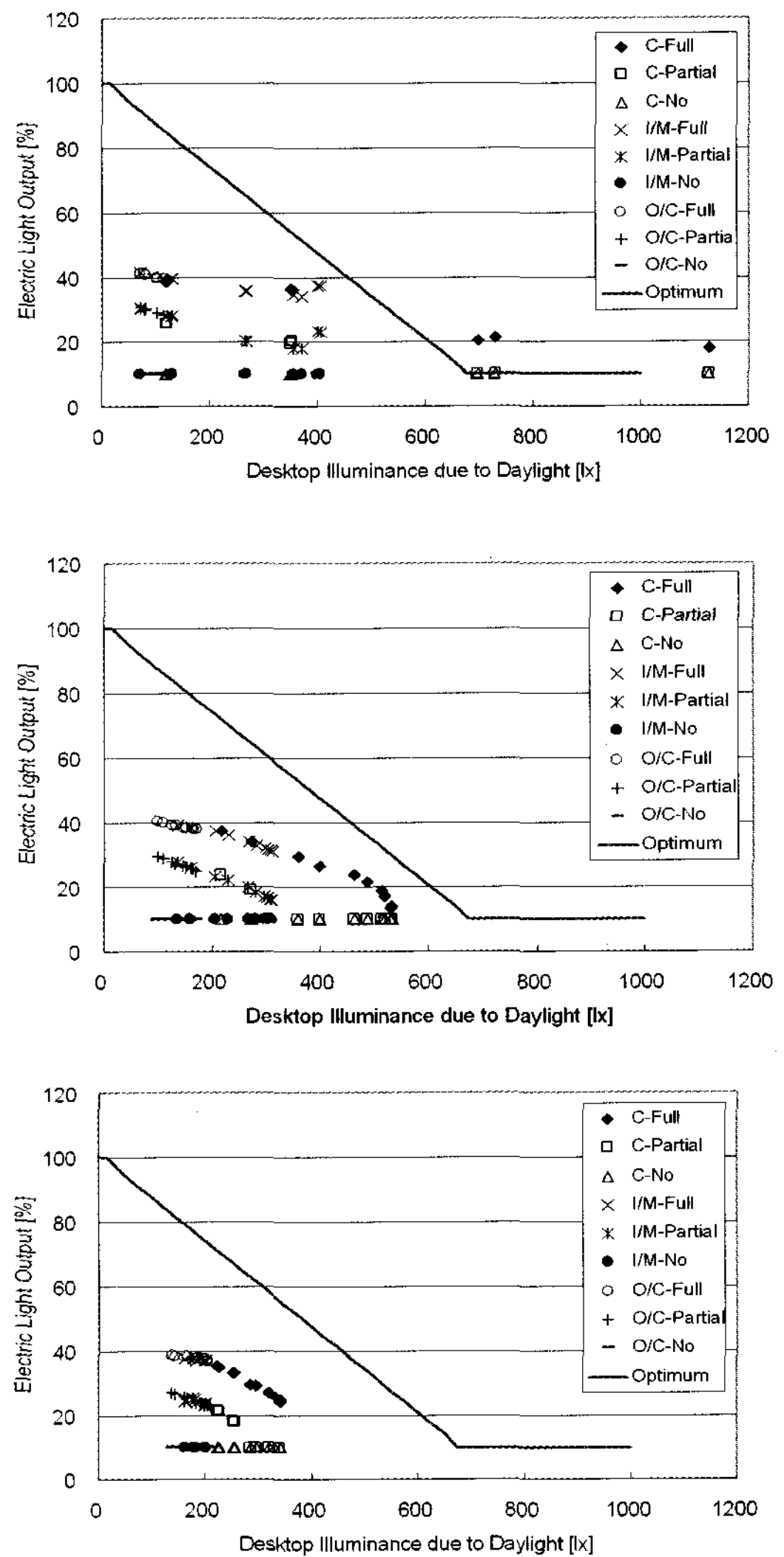


그림 17. 최적조명출력 및 시스템 제어성능 (남측방향)
(50% 차양조건, 후벽면설치, 상: 12/21, 중: 3/21, 하: 6/21)

4. 결론

본 연구에서는 이중외피시스템이 적용된 소규모 공간에서 간접조명방식에 대한 조광 제어시스템의 효율성을 평가하였으며 결과는 다음과 같다.

- (1) 태양의 직접영향이 미치지 않는 북측방향의 경우, 청천공조조건에서 책상면 조도는 태양고도가 높은 계절에 높게 나타난 반면, 태양의 영향을

받는 남측방향의 경우 책상면의 주광조도분포는 북측방향조건에서 얻어진 결과와 상반되었다. 소규모 사무실 공간에서 조광시스템을 적용하기 위하여, 각 주광조건별 책상면에서의 주광조도 변화분포를 효과적으로 예측하여 목표조도를 달성하기 위한 적정제어 조건을 결정하여야 할 것이다.

- (2) 광센서에 적용된 각 차단조건변화시, 주광에 의한 책상면의 조도변화와 센서의 조도변화간의 상관성은 결정계수가 0.8 이상으로 높게 나타났으며, 5% 신뢰도 조건에서 유효한 것으로 판명되었다. 그러나, 간접조명방식을 적용할 경우 센서의 신호(signal)에 미치는 영향은 주광에 의한 것 보다는 조명기구로부터 센서에 도달하는 빛의 분포가 더욱 큰 것으로 판단된다.
- (3) 광센서에 직접 도달하는 주광 및 전기조명으로부터 발산되는 빛으로 인하여, 시스템의 제어 성능은 완전차단조건에서 몇몇 경우를 제외하고 모든 경우에서 목표조도를 공급하는데 실패한 것으로 판명되었다. 간접조명방식에서 조광제어 시스템을 효과적으로 적용하기 위하여, 광센서는 완전차단조건(fully-shielded condition)

을 적용하여 설치되어야 할 것으로 판단된다. 또는, 광센서를 조명기구로부터 직접영향을 받지 않는 곳에 위치하게 하여 과도한 빛의 감지를 억제하여야 조광제어 시스템을 효과적으로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. Wineman D., Office Design and Evaluation : An Overview, Environment and Behavior, Vol.14. 1982.
2. Neuman B. et al., Office Worker Response to Lighting and Daylighting Issues in Workspace Environments : A pilot Survey, Energy and buildings, Vol.6, 1984.
3. Vine E. et al., Office Worker Response to an Automated Venetian Blind and Electric Lighting System: A Pilot Study, Energy and Building Vol. 28. 1998.
4. Hescong L et al., Daylighting Impacts on Human Performance in School, The Journal of Illuminating Engineering Society of North America, Summer. 2002.