

외피 친환경 성능평가Ⅱ: 광선반, RetroLux

김덕우*, 박철수**

*성균관대학교 대학원 건축공학과(headwt@hanmail.net),

**성균관대학교 건축공학과(cheolspark@skku.ac.kr)

Performance Assessment of Building Envelopes II: LightShlef, RetroLux

Kim, Deuk-Woo*, Park, Cheol-Soo**

*Dept. of Architectural Engineering, Graduate School, SungKyunKwan University(headwt@hanmail.net),

**Dept. of Architectural Engineering, SungKyunKwan University(cheolspark@skku.ac.kr)

Abstract

As a series of 'Performance Assessment of Building Envelopes I: Double Skin Facade', three types (interior, exterior, mixed (int.&ext.)) of lightshelves and RetroLux were examined in terms of CO₂ emissions. It is shown that the exterior lightshelf could achieve the most energy savings (9.6-38.7%) in general office buildings due to blocking solar radiation before entering the indoor space. However, the interior lightshelf is the worst (1.4-5.2%) among three of them.

The RetroLux has two components: (1) sun-reflector (first louver component), (2) light shelf for improving daylight induction (second louver component). Due to these two components, solar radiation from windows is filtered depending on seasonal variation (solar altitude). Therefore, the RetroLux can reduce 18.0-27.9% of annual energy consumption (both cooling and heating), and 552-3,290 Won/m²·yr of operation cost is saved

Keywords : 광선반(LightShelf), 레트로룩스(RetroLux), CO₂ 배출량(Carbon dioxide emission), 에너지플러스(EnergyPlus), 성능평가(Performance assessment)

1. 서 론

성능 중심의 접근은 달성해야 할 '목표'를 기술하므로, 합리적/객관적이며, 건축가와 설비 엔지니어의 창의성이 건물설계에 쉽게 반영된다. 최근 전 세계적으로 CO₂ 배출량으로 건물의 친환경 성능을 평가하려는 움직임이 있으며, 이는 '평점 중심의 방법(LEED, BREAM, KGBC)'보다 좀 더 성능중심의 평

가방법이라 할 수 있다. 그리고 기후변화협약에서 교토의정서로 진행되는 일련의 세계적 흐름은 위의 성능 평가 방법을 뒷받침하고 있다. 본 연구는 '외피 친환경 성능평가 I: 이중외피' 연구의 연속으로써(김덕우 외, 2009b), CO₂ 배출량으로 적용 가능한 건물외피(광선반)의 성능을 평가하고자한다.

건물의 에너지 소비량을 예측하기 위해서, 미국 DOE(Department Of Energy)에서 개발한 EnergyPlus3.0을 사용하였으며, 건물에 너지에 미치는 이중외피의 영향만을 고려하

접수일자 : 2000년 00월 00일, 심사완료일자:2000년 00월 00일
교신저자 : 박철수(cheolspark@skku.ac.kr)

고자, 외피의 영향을 받지 않는 내주부 부하를 제외하고, '외주부 부하'를 이용하여 친환경 성능을 평가하였다.

2. 친환경 성능 평가 기준

사무소 건물의 냉난방시, 일반적으로 전기와 도시가스가 주로 사용되므로 각 에너지원의 CO₂배출계수를 이용하여 건물의 에너지 사용량에 따른 CO₂ 배출량을 도출할 수 있다. 한국의 전력과 가스의 CO₂배출계수는 에너지관리공단의 탄소중립프로그램¹⁾과 IPCC²⁾를 참조하여 도출하였다(전력: 0.424, 가스: 0.2 Kg CO₂/kWh)(김덕우 외, 2008a)

경제성 분석을 위하여 시뮬레이션 결과에 에너지 비용 및 탄소세를 적용하였으며, 탄소세는 미국의 값을 사용하였다(28,901 원/ton · CO₂)(정근주 외, 2008).

3. 시뮬레이션 모델

모델링된 표준건물의 평면은 산업자원부(1999)를 참고하여 35×35m(1,225m²)로 정하였다(그림 1). 그리고 건물 크기에 따른 외피 성능 분석을 위하여 20×20m(400m²), 50×50m(2,500m²) 크기의 기준층을 갖는 건물에 대해서도 추가로 시뮬레이션 하였다. 모델의 창면적비는 40%로, 일반적인 사무소 건물의 창면적비인 약 31~55%(건설교통부, 1994)의 범위에 포함되도록 하였다.

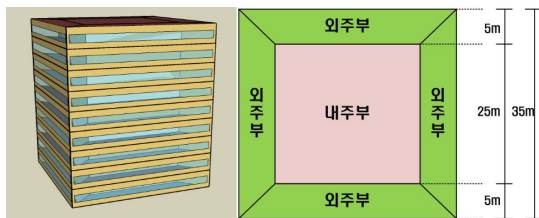


그림 1. 표준건물 3D 모델(좌), 평면(우)

내주부는 외기의 영향을 받지 않는 존이며, 외주부는 외기의 영향이 미치는 부분이다. 따라서, 건물의 외주부 부하로 외피 성능을 평가하였다(김덕우 외, 2008b).

건물 구성요소는 ASHRAE (2005)를 참조하여 Medium Class로 결정하였으며, 창은 6-12-6(low-e:0.4)로 하였다. 실내발열요소(인체, 기기, 조명)의 발열밀도는 ASHRAE (2005)에서 권장하는 사무소 건물의 중간 수준으로 결정하였다. 실내 설정온도는 ASHRAE (2007)의 General Design Criteria를 참고하였다(봄/가을: 22.5~23.5℃, 여름: 24~25℃, 겨울: 21.5~22.5℃). 건물 구성요소의 상세, 실내발열 스케줄, 실내 설정조건에 대한 자세한 설명은 김덕우 외 (2008b)문헌에 기술되어 있다.

건물 부하는 크게 실부하, 코일부하, 플랜트 부하로 구분된다. 적용된 외피만의 순수한 부하 변화만을 파악하기 위해서는 최대한 기계적인 변수를 배제하여야 한다. 따라서 기계적인 변수들의 영향을 배제하기 위해, 플랜트 부하 및 코일부하는 고려하지 않고(외기 부하도 제외됨), 실부하로만 평가하였다. 실부하는 EnergyPlus의 'Purchased air'를 이용하여 계산하였다. 이 방법은 HVAC 시스템 관련 변수들(보일러, 냉동기, 냉각탑의 크기 및 효율 등), 덕트, 파이프에 관련된 변수를 배제하므로, 외피 설치/미설치에 따른 결과만을 독립해서 분석할 수 있는 장점이 있다.

4. 광선반

광선반은 주광을 건물 내부로 깊이 유입시키는 건축요소로써, 실의 균제도(자연채광에 의한 실내 조도의 균일성)를 향상시키며, 현휘(눈부심)를 줄여준다. 일반적으로 광선반은 외부형, 내부형, 혼합형 3가지로 구분되며(그림 2), 외부형 광선반은 주광의 유입과 일사 차단 역할도 하게 된다. 내부형 광선반은

1) <http://zero202.kemco.or.kr/BOARD/view.asp?SEQ=15>

2) Intergovernmental Panel on Climate Change에서 제시한 에너지원별 탄소배출계수

일사를 실 깊이 유입하여 실의 균제도 향상에 기여한다. 외/내부형 광선반이 결합된 혼합형은 위의 특징을 모두 갖고 있으며, 가장 높은 균제도를 제공한다. 그리고 광선반은 일사량이 많은 남쪽 외주부에 설치하는 것이 가장 효과적이다.

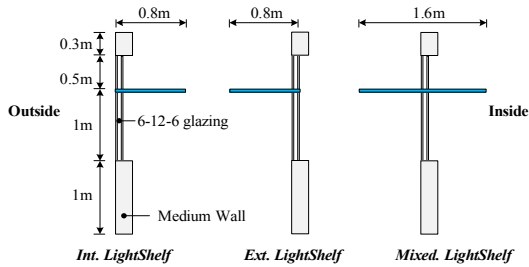


그림 2. 본 연구에서 적용한 광선반, 왼쪽부터 내부형, 외부형, 혼합형

광선반은 외주부 인공조명의 자동제어 유무에 따라 그 성능의 차이가 발생한다. 포토 센서를 설치하여 조명제어를 구현하면 조명 에너지 사용이 줄어들며, 이에 따라 조명기구에서 발산하는 열에너지 또한 감소하여 냉방 에너지가 감소한다. 그러므로 광선반의 에너지 절감 성능을 타당하게 분석하기 위해서는 포토센서의 설치가 필수적이다(김덕우 외, 2009a). 본 연구에서는 포토 센서에 의한 디밍 제어(dimming control)를 구현하기 위해, Specifier Report: Photo sensors (Robert et al, 1998)를 참고하여 창으로부터 3m 깊이 지점에 포토 센서를 설치하였고, 기준 제어 조도는 일반적인 사무소 건물의 조도 수준인 500 Lux (IESNA, 2001)로 하였다. 각 포토 센서는 조명기구와 연동되어, 자연채광으로 인한 조도 수준이 500 Lux 이상이면, 꺼진 상태로, 500 Lux 미만이면, 실내 조도를 500 Lux로 유지하는데 필요한 만큼의 전기 에너지가 조명기구의 안정기에 공급된다 (DOE, 2008).

건물(학교, 사무소, 연구시설 등)에 적용된 광선반은 재실자의 시쾌적을 향상시키며, 냉방 에너지 절감 및 조명에너지 절감을 가능

케 한다. 광선반이 설치되는 공간의 평균적인 천정고는 대략 3m 정도이며, 건물의 형상, 설치되는 향, 개구부(창) 크기 등을 고려하여야 한다³⁾. 본 연구에서는 Alcoa Inc.⁴⁾의 InLighten제품(내부형)과 1600SunShade(외부형) 제품을 참고하여 광선반을 모델링하였다. 광선반의 구성은 3mm(panel) + 60mm(batt insulation) + 3mm(panel)이며, 깊이는 800mm(내/외부형), 1,600mm(혼합형), 표면 반사율은 0.86 (white color), 위치는 바닥(floor)으로부터 2m로 정하였다.

4.1 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 실행은 봄(4/19), 여름(7/26), 겨울(1/24), 연간(365일) 4가지 경우를 수행하였으나, 본 논문에서는 연간 시뮬레이션 결과만 기술하였다. 에너지 비용 계산시, 보일러 효율은 90%, 압축식 냉동기의 COP는 일반적 값인 3.5로 하였다. 전기요금(냉방)은 한국전력공사의 자료를 참고하여 97.68원/kWh를 사용하였고, 도시가스요금(난방)은 한국가스공사의 자료를 참고하여 44.71원/kWh를 사용하였다.

4.1.1 외부형 광선반

외부형 광선반은 실 내부로 빛을 유입하는 역할보다는 외부차양의 역할(일사차단)을 통해 에너지 절감에 크게 기여한다. 여름철 냉방에너지 절감 효과가 뛰어난 것을 알 수 있다. 역으로, 겨울철(난방기간)에는 난방 에너지 사용 측면에서는 불리하다. 연간 시뮬레이션 결과도 마찬가지로 냉방에너지 사용량은 크게 감소하나 난방 에너지가 증가한다.

표 1은 외부형 광선반을 적용하지 않은 경우와 적용한 경우에 대해, 향별, 계절별 외주부 부하와 에너지 절감비율, CO₂ 절감율, 탄소세 절감, 에너지 비용절감을 보여 준다. 향에 따른 에너지 절감 효과는 연간 9.6-38.7%

3) http://en.wikipedia.org/wiki/Architectural_light_shelf

4) http://www.alcoa.com/global/en/products/product.asp?prod_id=1852#

표 1. 연간 외피 성능 평가표 (광선반, 기준층(35×35) 적용시)

위치	Zone	에너지 절감 (kWh/m ² ·yr)			에너지 절감비율 (%)			CO ₂ 절감량 (kg/m ² ·yr)			탄소세 절감 (원/m ² ·yr)			에너지 절감비용 (원/m ² ·yr)			총 절감비용 (원/m ² ·yr)
		냉방	난방	합계	냉방	난방	합계	냉방	난방	합계	냉방	난방	합계	냉방	난방	합계	
외부형	동	28.9	-11.4	17.5	46.2	-51.0	20.6	12.25	-2.28	9.96	354	-66	288	806	-568	239	527
	남	45.3	-8.1	37.2	53.0	-76.9	38.7	19.20	-1.62	17.58	555	-47	508	1,264	-404	860	1,368
	북	17.3	-10.5	6.8	46.2	-31.6	9.6	7.34	-2.11	5.23	212	-61	151	483	-524	-41	111
	서	30.5	-10.4	20.0	45.7	-45.8	22.4	12.91	-2.09	10.83	373	-60	313	850	-518	332	644
	모든 향	121.9	-40.5	81.4	48.4	-45.5	23.9	51.70	-8.10	43.60	1,494	-234	1,260	3,403	-2,013	1,390	2,650
내부형	동	8.7	-5.9	2.8	13.9	-26.3	3.3	3.69	-1.18	2.51	107	-34	73	243	-292	-50	23
	남	4.5	-3.1	1.4	5.2	-29.6	1.4	1.90	-0.62	1.28	55	-18	37	125	-155	-30	7
	북	11.5	-7.8	3.7	30.8	-23.5	5.2	4.89	-1.57	3.32	141	-45	96	322	-389	-67	29
	서	7.9	-5.1	2.8	11.9	-22.5	3.1	3.36	-1.03	2.34	97	-30	68	221	-255	-33	34
	모든 향	32.6	-22.0	10.7	12.9	-24.6	3.1	13.84	-4.39	9.45	400	-127	273	911	-1,091	-180	93
혼합형	동	23.4	-9.8	13.7	37.4	-43.7	16.1	9.94	-1.96	7.98	287	-57	231	654	-486	168	399
	남	32.6	-7.4	25.2	38.2	-70.2	26.3	13.84	-1.48	12.36	400	-43	357	911	-368	543	900
	북	16.6	-9.9	6.6	44.2	-29.8	9.3	7.02	-1.99	5.03	203	-57	145	462	-494	-32	113
	서	24.0	-9.0	15.1	36.0	-39.4	16.8	10.18	-1.79	8.39	294	-52	242	670	-445	225	468
	모든 향	96.7	-36.1	60.5	38.3	-40.5	17.7	40.98	-7.22	33.76	1,184	-209	976	2,697	-1,794	904	1,879

1) 미국의 탄소세 28,901(원/CO₂·ton) 기준으로 계산함. (+)는 비용감소, (-)는 비용증가임. (출처: 정근주 외 2명, 2008)

2) 전기요금(냉방)은 97.68(원/kWh), 가스요금(난방)은 44.71(원/kWh)이며, 소수 첫째 자리에서 반올림. (출처: 한국전력공사, 한국가스공사)

이다. 직달 일사에 의한 냉방 부하가 높은 남향에서 가장 큰 에너지 절감효과가 나타났으며, 북향에서 가장 효과가 적게 나타났다.

표 2은 건물의 크기 변화에 따른 연간 에너지 절감 가능성을 보여준다. 표준건물(35×35)의 경우 향별로 1.4-17%의 절감 성능이 있으며, 모든향 적용시, 20×20은 21.4%의 성능 향상을 보이나 35×35은 17.0%, 50×50은 13.9%로 낮은 성능 향상을 나타낸다. 이는 건물의 크기가 커질수록 내주부 부하 비율이 높아지므로 외피 적용에 따른 효과가 적어지기 때문이다.

4.1.2 내부형 광선반

내부형 광선반의 성능은 천정고에 따라 에너지 절감 성능이 크게 달라진다. 높은 천정고를 갖는 건물의 경우, 광선반으로부터 반사되는 주광은 실내 깊숙이 멀리 확산/반사되므로 실의 균제도가 좋아지며, 실의 전체 조도가 상승하여 조명 에너지 절감을 달성할 수 있다.(중고 건물 및 산업 건물과 같이 실의 깊이(depth)가 큰 건물인 경우에도 마찬가지이다). 그러나 본 연구에서 모델링된 건

표 2. 건물 크기별 에너지성능 향상율 (%) 및 연간 절감비용 (원/yr) (외부형 광선반)

건물 크기	설치 부위	연간 (%)			연간 절감 비용 (원/yr)
		냉방	난방	합계	
20×20	동	9.9	-12.8	4.6	51,927
	남	15.5	-9.1	9.7	134,710
	북	6.0	-11.9	1.8	10,908
	서	10.5	-11.6	5.3	63,955
	모든향	41.9	-45.3	21.4	261,501
35×35	동	7.4	-12.8	3.6	92,173
	남	11.6	-9.1	7.8	239,448
	북	4.4	-11.8	1.4	19,363
	서	7.8	-11.7	4.2	112,771
	모든향	31.3	-45.5	17.0	463,755
50×50	동	5.8	-12.8	3.0	132,615
	남	9.1	-9.1	6.4	344,243
	북	3.5	-11.8	1.2	28,044
	서	6.1	-11.7	3.4	161,518
	모든향	24.5	-45.4	13.9	666,420

물은 외주부 깊이가 5m인 일반 사무소 건물로써, 내부형 광선반을 적용하여 이에 따른 에너지 절감의 큰 효과를 기대하기 어렵다.

표 1의 '에너지 절감 비율' 항목을 보면, 외부형의 경우는 9.6-38.7% 인데 반하여, 내부형의 경우는 1.4-5.2%로 에너지 절감 효과가 상당히 낮으며, 내부형 광선반이 냉난방 절감 요소로서 큰 효과가 없음을 보여 준다. 그리고 에너지 절감비용 측면에서는 불리하나

(음수) 탄소세 절감비용 측면에서는 유리하다(양수). 총 절감비용은 7-93 원/m²·day이며 절감비용 계산시 냉난방에너지의 단가가 다를 수 있음을 주의해야 한다. 표 3의 표준건물(35×35)의 연간 성능 향상율은 0.3-2.2%로 상당히 낮으며, 이에 따른 절감 비용 역시 건물 크기별로 20×20일 때, 2,327-13,075 원/yr, 35×35일 때, 1,202-16,255 원/yr, 50×50일 때, 205-19,709 원/yr으로 매우 미미하다.

표 3 건물 크기별 에너지성능 향상율 (%) 및 연간 절감비용 (원/yr) (내부형 광선반)

건물 크기	설치 부위	연간 (%)			연간 절감 비용 (원/yr)
		냉방	난방	합계	
20×20	동	3.1	-6.7	0.8	2,986
	남	1.7	-3.5	0.5	2,327
	북	4.0	-8.8	1.0	3,274
	서	2.8	-5.8	0.8	4,489
	모든향	11.7	-24.8	3.1	13,075
35×35	동	2.2	-6.6	0.6	4,011
	남	1.2	-3.5	0.3	1,202
	북	3.0	-8.8	0.8	5,013
	서	2.0	-5.8	0.6	6,028
	모든향	8.4	-24.6	2.2	16,255
50×50	동	1.7	-6.6	0.5	5,168
	남	0.9	-3.5	0.2	205
	북	2.3	-8.8	0.6	7,096
	서	1.6	-5.8	0.5	7,239
	모든향	6.5	-24.6	1.8	19,709

4.1.3 혼합형 광선반

혼합형 광선반은 내/외부형 광선반의 특성을 모두 갖는 외피로써 직달일사를 차단하며 (외부형), 실의 균제도를 높여준다(내부형). 그러나 내부용 광선반의 단점으로 인해, 큰 에너지 성능 향상을 기대하기는 어렵다(4.1.2 참고). 연간 에너지 소비량은 내/외부형 광선반 소비량의 중간 정도이며, 부하 패턴은 외부형과 유사하게 냉방 에너지 감소가 두드러진다.

표 1의 연간 '에너지 절감 비율' 항목을 보면, 9.3-26.3%의 에너지 절감 효과가 나타나며, 향별로 113-1,879 원/m²·day의 비용을 절감한다. 표 4는 건물의 크기별 에너지 성능을 나타낸 것이며, 표준건물(35×35)의 연간 성능 향상율은 1.4-12.6%이다. 건물 크기

별 절감비용은 20×20일 때, 11,482-187,443 원/yr, 35×35일 때, 19,833-328,898 원/yr, 50×50일 때, 28,580-471,131 원/yr으로 내부형보다 다소 높다.

표 4 건물 크기별 에너지성능 향상율 (%) 및 연간 절감비용 (원/yr) (혼합형 광선반)

건물 크기	설치 부위	연간 (%)			연간 절감 비용 (원/yr)
		냉방	난방	합계	
20×20	동	8.1	-10.9	3.6	39,839
	남	11.2	-8.3	6.6	89,218
	북	5.7	-11.2	1.8	11,482
	서	8.3	-9.9	4.0	46,904
	모든향	33.3	-40.3	16.0	187,443
35×35	동	6.0	-11.0	2.9	69,768
	남	8.4	-8.3	5.3	157,480
	북	4.3	-11.2	1.4	19,833
	서	6.2	-10.1	3.1	81,817
	모든향	24.8	-40.5	12.6	328,898
50×50	동	4.7	-11.0	2.3	100,031
	남	6.6	-8.3	4.3	225,930
	북	3.3	-11.1	1.1	28,580
	서	4.8	-10.1	2.6	116,590
	모든향	19.4	-40.5	10.3	471,131

4.2 광선반 종류별 성능 분석

본 연구에서는 외부형, 내부형, 혼합형 3가지 종류의 광선반을 시뮬레이션 하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 외부형은 냉방 에너지 절감에서 45.7-53%의 뛰어난 성능을 나타내었으나, 난방 에너지 절감은 (-)31.6-(-)76.9%로 가장 불리하다.
- 내부형은 외부 차양이 없기 때문에 냉방 에너지 절감 효과가 적으며(5.2-30.8%), 난방 에너지 절감은 외부형에 비해 다소 유리한 것으로 나타났다((-)22.5-(-)29.6%).
- 혼합형의 경우, 외부형 광선반으로 인해, 냉방 에너지 절감효과가 36.0-44.2%정도로 높게 나타났으나, 난방 에너지 절감은 (-)29.8-(-)70.2%로 외부형보다 다소 낮게 나타났다.

따라서 일반적인 사무소 표준 건물(그림 1)에는 외부형 광선반을 적용하는 것이 연간 에너지 절감 측면에서 가장 유리함을 알 수 있다.

5. 레트로룩스

레트로룩스는 RetroSolar Inc.⁵⁾에서 생산하는 수동(passive) 블라인드 장치로써, 그림 3과 같은 독특한 슬랫 형상을 가진다. 슬랫의 꺾여짐을 이용하여 특정 각도의 일사 유입/차단이 가능하며, 이로 인한 불쾌(불능)현황 또한 감소하여 재실자의 시쾌적을 향상시킬 수 있다. 대부분의 사무소 건물에서 많이 사용되는 베네시안 블라인드는 직달일사에 의한 시적 불쾌감(현황)을 줄이기 위하여 블라인드를 내린다. 내려진 블라인드에 의해 현황은 줄어드나 실의 전반적인 조도는 낮아지며, 외부조망(outward visibility)이 감소한다. 그러나 레트로룩스는 조도를 크게 감소시키지 않으면서 높은 비율(74%)의 외부조망을 가능케 하고, 현황 또한 줄인다 (Köster, 2004).

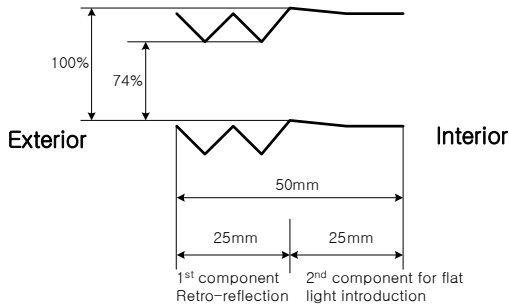


그림 3. RetroLux O의 구성

레트로룩스는 특별한 제어 없이도 높은 고도(여름철)의 일사 차단, 낮은 고도(겨울철)의 일사 유입을 동시에 달성하는 역설적 이중 기능(paradoxical dual function)을 가진다 (Köster, 2004). 그림 4와 같이 앞 쪽의 W모양의 부분은 일사를 걸러내는 필터 역할을 하는 부분으로 높은 고도(45°이상)의 일사는 외부로 반사하며, 낮은 고도(45°이하)는 실내로 유입한다. 그리고 뒷부분의 선반 모양은 광선반과 같은 역할을 하여, 유입된 일사를

실 깊숙이 도달케 하여 실의 균제도 향상에 기여한다.

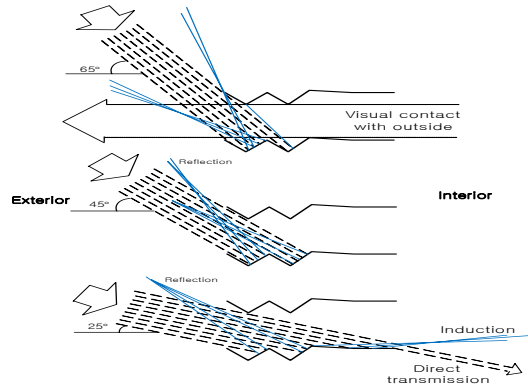


그림 4. 주광의 입사각도에 따른 RetroLux의 성능

레트로룩스의 종류는 RetroLux A, RetroLux O/U, RetroLuxTherm O/U, RetroFlex 등 여러 가지가 있다(그림 5). 본 연구에서는 RetroLux O를 선정하여 시뮬레이션 하였으며, 모델에 관한 데이터는 표 5와 같다.

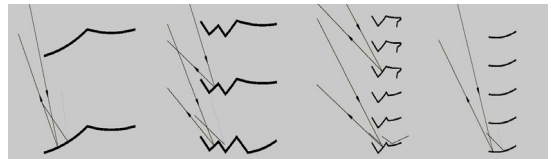


그림 5. 레트로룩스의 종류

(왼쪽부터 RetroLux A, Retro O/U, RetroLuxTherm O/U, RetroFlex)

표 5. 본 연구에서 사용한 RetroLux O 데이터

모델	모델 정보	
	구성	25mm W-shape(front), 25mm Light Shelf(back)
	폭	50mm
	반사율	0.86 (high)
	간격	30mm
	슬랫각도	0° (수평)
	위치	창으로부터 30mm
	재질	Anodized aluminum

성능 비교 대상으로는 베네시안 블라인드 (반사율: 0.5, 슬랫 각도는 0°)가 설치된 일반 사무소 건물로 정하였다.

5) http://www.retosolar.de/v_english.html

레트로룩스는 외주부 인공조명의 자동제어 유무에 따라 그 성능의 차이가 발생하므로 광선반의 경우와 같이 포토 센서에 의한 디밍 제어(dimming control)를 구현하였다.

5.1 시뮬레이션 결과

높은 고도의 일사 차단, 낮은 고도의 일사 유입을 동시에 달성하는 역설적 이중기능(paradoxical dual function)을 가지고 있는 레트로룩스의 특징으로 인해(그림 4) 냉난방 모두 절감가능하다(표 6). 그러나 북향의 경우 난방비용 절감이 다소 낮는데 이는 베네시안 블라인드(슬랫 각도: 0° (수평))에 비해 레트로룩스가 확산일사를 많이 차단하기 때문이다. 연간 단위로 살펴보면, 이중외피 및 광선반(외부형)에 비하여 냉방 에너지 절감율은 다소 낮으나, 향에 구애받지 않고 냉난방 모두 절감이 가능한 장점이 있다.

표 6은 레트로룩스를 적용하지 않은 경우

은 북향이다. 표준건물(35×35)의 경우 연간 2.6-15.3%의 성능 향상을 기대할 수 있으며, 575,837원/yr의 비용절감이 가능하다(모든향 적용시).

표 7. 건물 크기별 에너지성능 향상율 (%) 및 연간 절감비용 (원/yr)

건물 크기	설치 부위	연간 (%)			연간 절감 비용 (원/yr)
		냉방	난방	합계	
20×20	동	3.7	5.5	4.1	71,635
	남	7.0	7.9	7.2	122,395
	북	2.7	4.2	3.1	53,547
	서	3.9	5.8	4.4	76,659
	모든향	17.3	23.4	18.8	324,236
35×35	동	3.6	3.3	3.5	128,325
	남	5.0	8.2	5.7	215,059
	북	2.7	2.6	2.6	96,611
	서	2.8	6.3	3.5	135,841
	모든향	14.0	20.4	15.3	575,837
50×50	동	3.0	2.9	3.0	190,189
	남	3.5	8.8	4.4	295,847
	북	2.5	0.6	2.2	133,130
	서	3.1	4.4	3.3	215,306
	모든향	12.1	16.6	12.8	834,472

표 6. 연간 외피 성능 평가표 (레트로룩스, 기준층(35×35) 적용시)

Zone	에너지 절감 (kWh/m ² ·yr)			에너지 절감비율 (%)			CO ₂ 절감량 (kg/m ² ·yr)			탄소세 절감 (원/m ² ·yr)			에너지 절감비용 (원/m ² ·yr)			총 절감비용 (원/m ² ·yr)
	냉방	난방	합계	냉방	난방	합계	냉방	난방	합계	냉방	난방	합계	냉방	난방	합계	
동	13.7	3.3	17.0	22.5	13.3	19.8	5.81	0.66	6.47	168	19	187	382	164	546	733
남	19.2	8.2	27.5	23.1	54.7	27.9	8.15	1.65	9.79	235	48	283	536	410	946	1,229
북	10.2	2.6	12.8	28.1	7.5	18.0	4.32	0.51	4.84	125	15	140	284	128	412	552
서	10.6	6.3	16.9	16.3	24.6	18.7	4.50	1.26	5.76	130	36	167	296	313	610	776
모든향	53.7	20.4	74.1	21.9	20.4	21.5	22.77	4.09	26.86	658	118	776	1,409	1,015	2,514	3,290

1)미국의 탄소세 28,901(원/CO₂·ton) 기준으로 계산함. (+)는 비용감소, (-)는 비용증가임. (출처: 정근주 외 2명, 2008)

2)전기요금(냉방)은 97.68(원/kWh), 가스요금(난방)은 44.71(원/kWh)이며, 소수 첫째자리에서 반올림. (출처: 한국전력공사, 한국가스공사)

와 적용한 경우에 대해, 향별, 계절별 외주부 부하와 에너지 절감비율, CO₂ 절감율, 탄소세 절감, 에너지 비용절감을 보여 준다. 모든향에서 고른 에너지 절감 효과를 보이며 (18-27.9%), 특히 남향에서 가장 높은 절감 성능을 보인다(27.9%). 다른 친환경 외피와의 차이점이 있다면 난방 비용 절감이 가능하다는 점이다(에너지 절감비율을 살펴보면 난방항목의 수치는 (+)이다).

표 7은 건물의 크기 변화에 따른 에너지 절감 가능성을 보여준다. 에너지 절감 효과에 우수한 향은 남향이며, 효과가 가장 작은 향

6. 결 론

본 연구는 광선반과 레트로룩스의 친환경 성능을 가장 성능 중심 접근인 CO₂ 배출량으로 평가하였다.

광선반은 외부형, 내부형, 혼합형 3가지가 있으며, 외부형이 가장 에너지 성능이 우수하며, 내부형이 가장 불리하다. 외부형 광선반은, 외부차양 역할을 하여(일사차단) 냉방 에너지 감소에 효과적이다. 외부형의 경우, 연간 9.6-38.7%의 에너지 절감이 가능하며, 총 111-2,650 원/m²·yr의 비용을 절감할 수

있다. 내부형 광선반은 실의 천정고 및 실내 표면의 반사율 등을 충분히 고려한 뒤 적용해야 함을 알 수 있다. 천정고에 관해 충분한 검토 없이 내부형 광선반을 적용할 시, 실조도가 오히려 감소할 수 있다. 본 연구에서 사용한 표준 건물 모델은 천정고가 낮고, 외주부 깊이가 5m이어서, 내부형 광선반의 효과를 충분히 발휘하기에는 부적합한 것으로 판단된다. 성능 평가 결과, 연간 1.4-5.2%의 에너지 절감이 가능하며, 7-93 원/m²·yr 총비용절감이 가능하다. 혼합형 광선반의 경우, 외부형 광선반에 의한 에너지 절감 효과가 내부형 광선반에 의한 효과가 상쇄되어 내부형, 외부형 광선반의 중간 성능으로 나타났다. 연간 9.3-26.3%의 에너지 절감이 가능하며 113-1,879 원/m²·yr의 비용을 절감할 수 있다.

레트로룩스는 슬랫의 꺾여짐을 이용하여 특별한 제어 없이도 높은 고도(여름철)의 일사 차단, 낮은 고도(겨울철)의 일사 유입을 동시에 달성하는 역설적 이중 기능(paradoxical dual function)을 가진다. 다시 말하면, 꺾여진 슬랫에 의해 필요한 낮은 고도의 일사는 유입되고, 높은 고도의 일사는 필터링(filtering) 된다. 연구 결과, 이러한 레트로룩스의 특별한 성질로 인하여 냉난방 에너지 모두 절감되는 것으로 나타났다. 연간 18.0-27.9%의 에너지 절감이 가능하며, 항별로 총 552-3,290 원/m²·yr의 비용이 절감된다.

후 기

본 연구는 2008년 POSCO의 연구비 지원(철강연구 공모과제: 철골조 건축물의 친환경 성능평가 및 CO₂ 배출 저감방안 연구, 2008S001)으로 수행되었음

참 고 문 헌

1. 건설교통부, 판매시설 및 사무소건축물의

- 에너지절약 설계기준 연구, p.Ⅱ-17, 1994
2. 김덕우, 박철수, 철골조 건축물 에너지 성능, 친환경성능 평가 및 CO₂ 배출 저감 기술 개발, POSCO 철강연구 공모과제 중간보고서 I (8월 제출, 대외비), 2008a
 3. 김덕우, 박철수, 철골조 건축물 에너지 성능, 친환경성능 평가 및 CO₂ 배출 저감 기술 개발, POSCO 철강연구 공모과제 중간보고서Ⅱ(12월 제출 대외비), 2008b
 4. 김덕우, 박철수, 철골조 건축물 에너지 성능, 친환경성능 평가 및 CO₂ 배출 저감 기술 개발, POSCO 철강연구 공모과제 중간보고서Ⅲ(3월 제출 대외비), 2009a
 5. 김덕우, 박철수, 외피 친환경 성능평가: 이중외피, 한국태양에너지학회 춘계학술발표대회 논문집, 2009b, (논문제출)
 6. 산업자원부, 건물의 에너지원단위 기준연구에 관한 최종보고서, pp.130-139, 1999
 7. 정근주, 옥근숙, 임영빈, 탄소세 적용에 따른 건물용도별 에너지비용 영향 분석, 한국건축친환경설비학회 추계학술발표대회 논문집, pp.207-210, 2008
 8. ASHRAE, ASHRAE Handbook Fundamentals. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2005
 9. ASHRAE, ASHRAE Handbook-HVAC Applications. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2007
 10. DOE. EnergyPlus3.0 Input/Output Reference: The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Input and Output, US Department Of Energy, 2008
 11. IESNA, IESNA Lighting Handbook, Illuminating Engineering Society of North America, 2001
 12. Köster, H (2004), Dynamic daylighting architecture basics, systems, projects, Birkhäuser-Publishers for Architecture
 13. Robert, D., John B., Robert, W., Kevin H., James, G., Specifier Report: Photosensors, Lighting Research Center, Vol.6, No.1, p.9, 1998