

電氣 照明에너지 節減을 위한 Lightshelf 設計 研究

차광석^o 김철구 이대우
(Kwang-Seok Cha, Chul-Goo Kim, Dai-Woo Lee)

요 약

본 논문에서 수정 설계 빛선반의 주된 특색은 기존의 빛선반보다 3차원적인 각도 조절이다. 따라서, 반사광을 항상 천정 중앙부에 위치, 실내 휘도 및 조도의 변화를 줄였다. 또한 주광 활용 시간을 1.5배 늘여, 이용 효율을 높였다. 기존의 Passive type의 빛선반보다 풍압 대처나 야간의 실내 조명 효율을 높이는데 활용이 가능 하다

ABSTRACT

In this paper, the main feature of reformation Design light-shelf is that light by reflection of daylighting is always located on ceiling center of indoor. So three-dimensional control technology of angle, brightness changes, lux reduction of indoor is introduce for this device. Utilization time of daylighting became 1.5 times more efficient.

It is able to provide more function of resisting wind provide more function of ressure and utilization at night time more then sticking of passive type.

1. 서 론

건물내부에 사용되는 에너지의 양을 최소화 하고 환경을 보다 쾌적하게 하는데 목적으로 태양광 유도체를 활용하고 있다. 이런 유도체에는 Light-pipe, 광화이버, Lightshelf, Mirror system, Reflector system 등이 있다. 이중 Lightshelf를 활용한 주광의 실내 이용은 유럽이나 미국을 중심으로 많은 연구로 일반화 되어 있다

이런 연구의 중요 대상은 태양빛을 어느 정도 실내

조명으로 활용할 수 있는가 하는데 초점이 맞추어진다. 따라서 유도체의 반사효율과 태양고도에 맞는 유도체의 각도조절, 창의 투과율, 창면적에 따른 실내 주광활용범위 등에 대한 다각적인 변수에 대한 유도체의 효율 평가가 필요하다.

본 연구에서는 이러한 태양광유도체중 Lightshelf를 선정하여 연구하고자 한다 Lightshelf는 Active Type과 Passive type으로 나뉘어지는데, 패시브한 형태가 보편적으로 많이 사용되고 있다.

* 정희원 現代建設 技術研究所 研究員
** 現代建設 技術研究所 研究員

*** 現代建設 技術研究所 首席研究員

이것은 액티브한 것은 위치 이동이나 건물 높이, 광선반 Size, 자채 하중, 풍압, 전기설비 등등의 제약을 많이 가지고 있기 때문이다. 또한 Passive Type도 시간대나 방위의 제약을 받고 있다. 그러므로, Lightshelf는 저층이나 중층의 건물에 주로 많이 사용 되고 있으며 고층의 건물에는 주로 내부에 사용함으로써 효과를 보고 있다. 이러한 Lightshelf의 활용은 국내에서 광화문 K은행 건물, 여의도 S 증권 건물 등에 설치하였으나, 단순한 외국의 사례를 도방함으로써 그 실효성을 보지 못한 상황이다.

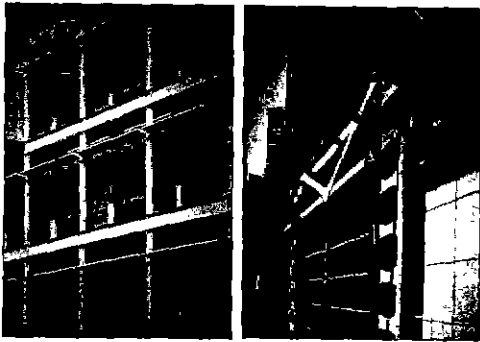
따라서 본 연구는 개량형 빛선반으로 무게나 풍압 문제에 적절히 대응할 수 있도록 설계하여 주광의 활용을 극대화하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 개량형 Lightshelf의 모형설계

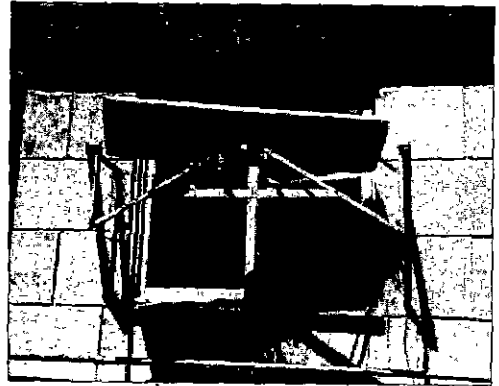
빛선반의 설계는 외국의 사례를 중심으로 많은 자료를 분석하여 설계하였다. 빛선반의 종류에는 루버, 창턱, 수평, 파라볼릭 형태등 다양하다. 그러나 국내의 위도와 사계절에 충분히 활용할 수 있는 Lightshelf의 선정에는 많은 어려움이 있다. 따라서 사계절 이용이 가능하면서 최대한 Lightshelf의 길이를 작게하도록 직선부와 곡면부를 적절히 조화한 Lightshelf를 만들게 되었다.

직선부는 실내부의 깊숙한 곳에 조사고 곡면부는 창측과 중앙부를 조사하도록 하였다.

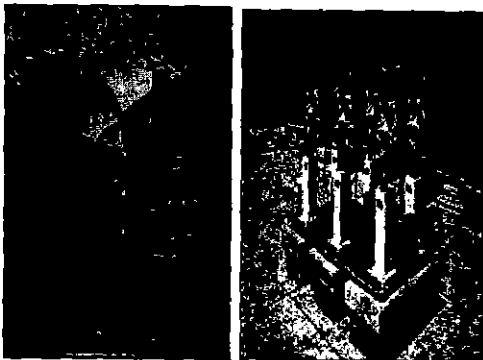


(A)

(B)



[그림 1] Lightshelf의 건물설치 모양



(C)

(D)

- (A) Lightshelves
- (B) 홍콩 상하이뱅크 Sunscope
- (C) 영국 Inland Revenue Office
- (D) Fiber Optical Distribution

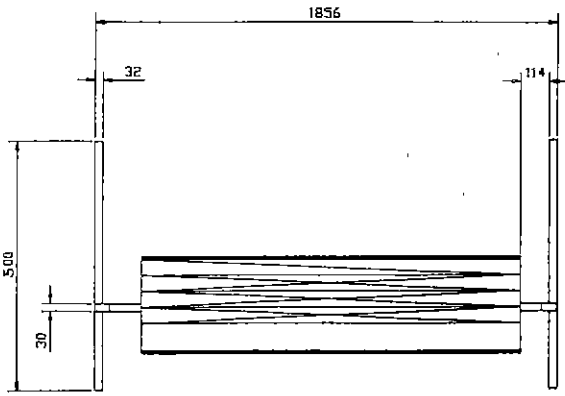
[사진 1] 태양광 유도채의 사례.

2.2 Lightshelf의 재료 선정

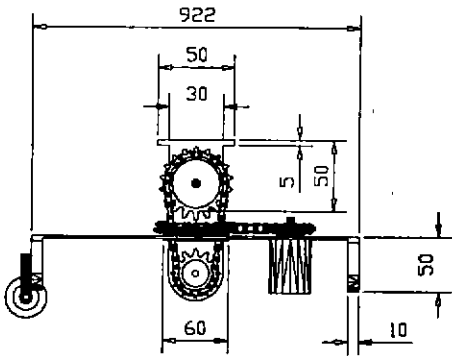
반사판은 晔光 반사율이 높은 스텐레스 Mirror¹⁾ 2mm 판을 사용하여 만들었다.

3차원적인 이동을 위한 받침대는 기어와 모터, 체인을 사용하여 상하, 좌우로 이동, 선반을 항상 태양을 향하도록 이동하여 주광을 실내 천정 중앙부에 항상 위치하도록 만든 장치이다. 이것은 창 측면에 부착이 용이하도록 되도록 가벼운 재질을 사용하여 하중을 줄이도록 만들었다 따라서 향후 창틀과 일체가 되도록 하는데 자채 하중이 많이 나가는 것에 대한 문제를 처음부터 줄이고자 하였다

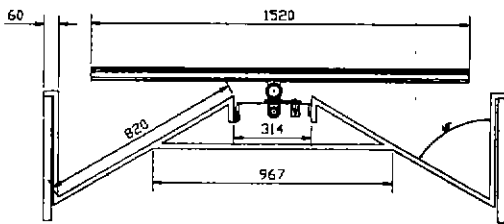
1) 스텐레스 Mirror판은 연마하여 만든 것으로 반사율이 높다



(A)



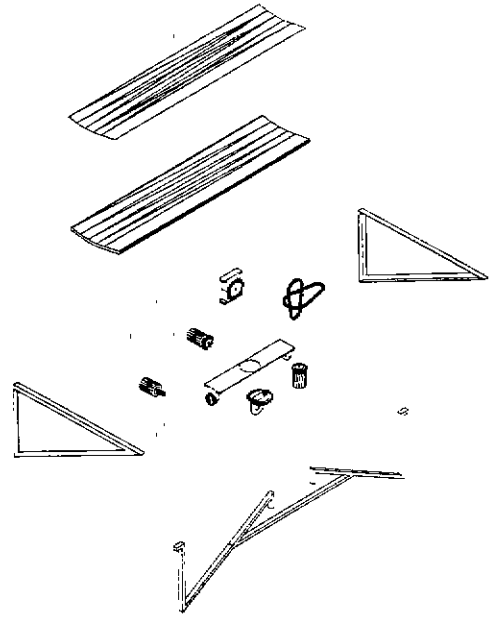
(B)



(C)

- (A) : Lightshelf의 길이 및 이동대
- (B) : 빛선반의 각도 조절장치
- (C) : Lightshelf의 전체 SIZE

[그림 2] Lightshelf의 장비 상세도



[그림 3] Lightshelf의 분해도

Lightshelf의 디자인은 (A)도에서 보듯이 태양의 남중고도와 건물 방위를 고려, 주광의 직사광을 최대한 받을 수 있도록 벽체로부터 1m정도 여유 있게 동선을 확보 하였다. (B)도는 본 Lightshelf 장치를 구성하는 핵심 부위라 할 수 있는 장치로 3D 즉 X, Y, Z방향의 3차원적인 제어가 가능하게 할 수 있도록 모터와 체인을 적절히 연결 제작 하여 태양의 남중 고도와 건물 방위에 따른 일사각 등 장애에 대한 대응을 최대한 할 수 있도록 하여 주광의 활용 효율을 높이도록 제작 되었다 이런 방법으로 제작된 Lightshelf는 側窓의 창틀과 일체식으로 제작이 가능하며, 시공이 간편하면서도 측광의 採光을 향상시켜 실내를 밝게 함으로써 인공조명으로 사용되는 전기에너지의 절감에 크게 이바지 할 수 있다

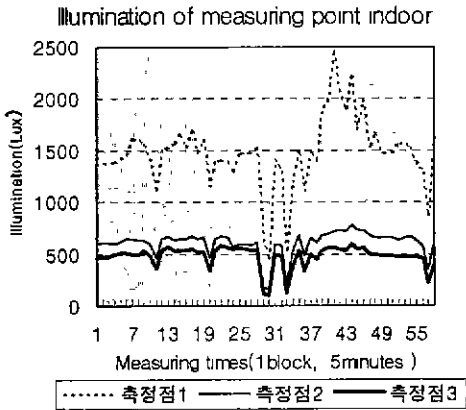
2.3 Lightshelf의 검증을 위한 실험 조건

실 Size는 3 x 6 x 2.1m, 창 Size는 1.5 x 1.2m
 으로 실과 창은 실제 크기를 1/2로 축소한 것으로
 가정하여 Lightshelf도 1/2 축소하여 측정실험을
 실시하였다

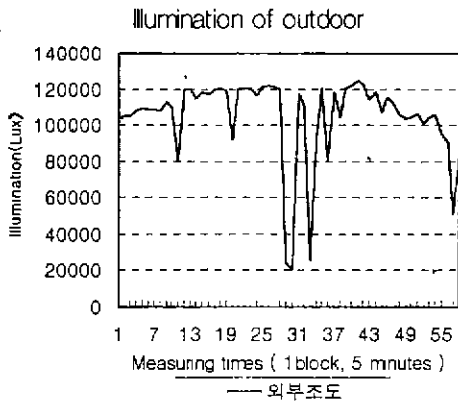
태양을 활용한 주광 실내 활용 방안을 위한
 측정에는 주로 실내의 조도비를 많이 사용하지만
 본 연구인 개량형Lightshelf의 측정에서는 실내의
 조도비와 휘도, 창의 온도변화, 일조시간, 일사량,
 주광의 실내부의 사입길이, 사입 시간 등을 종합적
 으로 측정하여 보다 실질적인 데이터를 수집하고자
 하였다.

2.3 측 정

(1) 실내 조도비

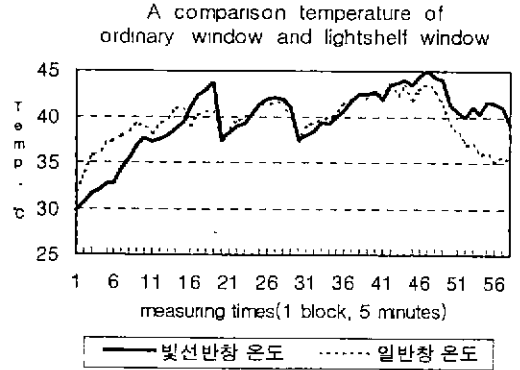


[그림 4] 실내 각측정점에서의 조도분포



[그림 5] 외부조도

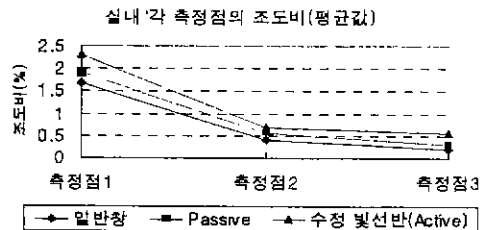
(3) 창측의 온도상승



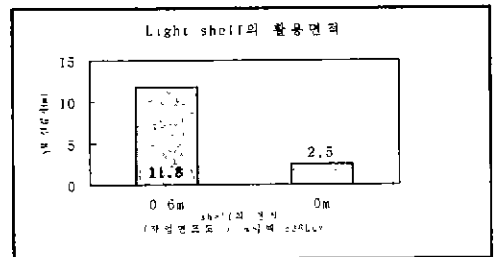
[그림 6] 일반창과 Lightshelf의 설치 창에서의 온도변화 측정값

3. 결과 분석

아래와 같이 각 측정점에서의 조도비는 일반 창보다
 수정 빛선반의 경우, 중앙부에서 약 70%, 후미에서
 약 100%의 증가를 나타 냈고, Passive Type 보다는
 중앙부에서 약 25%, 후미에서 약 40%의 조도비가
 증가하였다

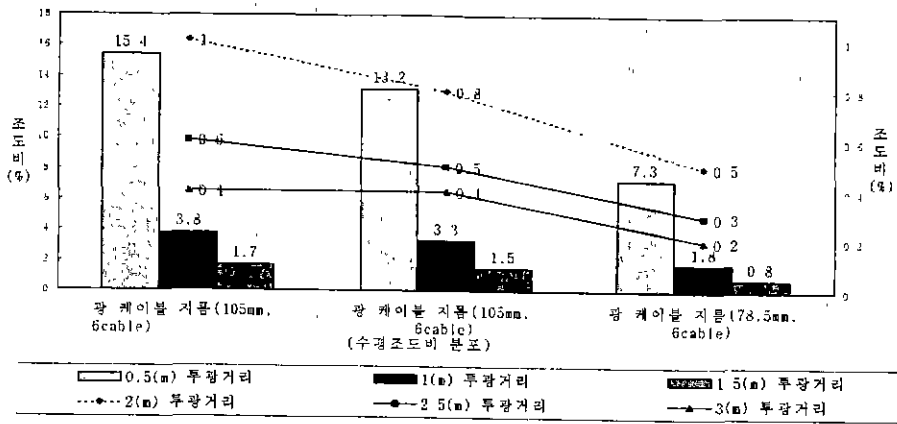


[그림 7] 일반창, 개량형 Lightshelf, passive Lightshelf의 조도비 비교



[그림 8] Lightshelf의 활용 효율

Fiber Optical Distribution의 효율



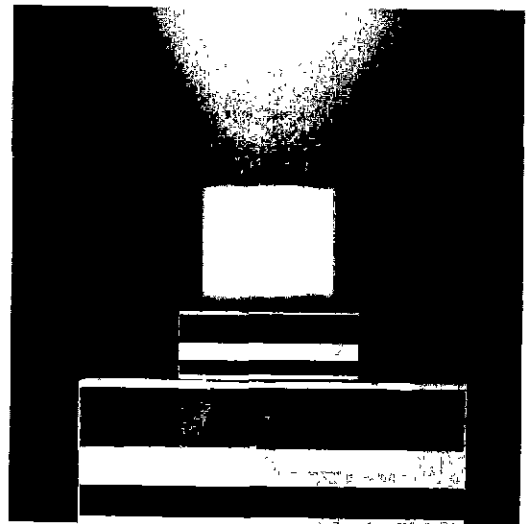
[그림 9] 광화이버 조명의 효율

(표 1) 기준 晝光率²⁾

단계	기준 주광율 (%)	시작업, 행동유형 (사례)	실공간의 종별에	전천공 조도가 15,000lx의 경우 예
1	5	장시간의 정밀 시작업(정밀제도, 정밀공작)	설계·제도실(청장, 정측창의 경우)	750lx
2	3	정밀 시작업(일반 제도)	공식 경기용 체육관, 공장 제도실	450lx
3	2	장시간의 보통 시작업(독서, 진료)	사무실 일반, 진료실, 역·공항	300lx
4	1.5	보통 시작업(독서나 회의)	교실, 학교, 체육관, 병원 검사실	230lx
이하 생략				

(표 2) 창 의 개구부 기준²⁾

건축물의 종류	대상 부분	基準 開口率
주택	거실	1/7
학교	교실	1/5
병원	병실	1/5



[그림 10] 개량형 Lightshelf 설치시 晝光射入 컴퓨터 시뮬레이션

4. Lightshelf의 활용방안

- ▶ 학교, 병원 건축물에 적용.(강의실, 입원실 등)
- ▶ 사무소나 주택의 실 깊은 곳에 자연광을 유입 건물에 사용되는 조명에너지를 절감.
- ▶ APT, 오피스의 지하공간을 늘이거나 공원으로 활용하기 위한 자연광 조명으로 사용.

2) 日本環境工學教科書研究會, “環境工學教科書”, pp102-103

5. 결론

12m x 6m x 2.8m의 실을 기준으로 등기구수 ((32Wx2등) 12개)와 평균조도(533Lux)를 계산하여 그 값을 가지고 하루에 사용되는 조명에너지의 절감율을 계산하였다.(작업시간은 AM 08:30 - PM 5:30으로 가정(1일 8시간))

- ① 주광만 사용(AM 10:50 ~ PM 2:30)때는 인공광 사용 0.
 - ② 인공광과 겸용(AM 8:30 ~ 10:50, PM 2:30-17:30)때는 64W x 6개 x 3.2h(인공광 50% 사용)
 - ③ 인공광만 사용시 64W x 12개 x 8h
- ※ 에너지 사용율은 (① + ②)/③ x 100 = 20%
에너지 절감율은 80%이다.

또한, 본 개량형 Lightshelf를 이용 주광조명을 실내에 활용함으로써 인공조명의 熱負荷도³⁾ 감소시키는데 그 양은 아래와 같다.

$$Q = \sum kkwAS\rho$$

$$Q = 1 \times 72 \times 0.011 \times 0.5 \times 0.6911 = 0.0495 \text{Mcal/h}$$

K: 형광등으로 1.0MCal/kWh

A: 실면적 ; 6m x 12m = 72m²

W: 조명밀도(W/m²) ; 0.011kW/m²

S: 점등율 ≤ 1.0 ; 0.5

ρ: 조명기기의 종류 ; 노출 조명으로 0.6911로 가정

따라서, 본 연구에서 설계된 Lightshelf는 다른 Daylighting Optical systems(Fiber Optics, 캐광덕트, Tracking Collectors 등)보다 가격이 저렴하고 활용 효율이 높다.

[참고문헌]

1. Cowling I.et.al. " A Deaign for a Permanently Mounted Daylighting DEvice", IESE91, Denver, 1991.
2. Bennett D. and Eijadi D. "Solar Optics: Projecting Light into Buildings", AIA Journal, March 1980.
3. Howard T.et.al "Experimental Evaluation of Variable-Area Light-Reflecting Assemblies", 1984.
4. Progressive Architecture "HongKong Bank Scoops the Sun", Nov.1986.
5. Selkowitz S and Mirkovich, D. "Assessment of Beam Lighting systems for Interior Core illumination in Mult-story Commercial buildings", Lawrence Berkeley Laboratory, January 1988.
6. Whitehead L.et.al "Development and Demonstration of Self-aligning, Multi-storey Core Daylighting System", Proceedings of the 1990 International daylighting Conference, Moscow 1990.
7. Zastrow A. and Wittwer V. "Daylighting with Mirror Light Pipes and Fluorescent Planar Concentrators. First Results from the Demonstration Project Stuttgart-Hohenheim", Fraunhofer Institute fur solar Energiesysteme, Germany, 1986
8. 金會瑞, "ルーペー形 日射遮蔽装置の採光特性に關する研究", 1986.

3) 日本建築設備士協會, "空調設備の動的熱負荷 계산 입문", pp 33 참고이론적 고찰)