

Mock-up 실험을 통한 사무소 건축물의 Roller Shade 높이 제어 최적화에 관한 기초적 연구

임지선*, 김유신**, 최안섭***, 이정호****

*세종대학교 대학원 건축공학과(crazy-princess@nate.com),
**세종대학교 대학원 건축공학과(haeby@hanmail.net),
***세종대학교 건축공학과 교수(aschoi@sejong.ac.kr)
****삼성건설 기술연구소(lh.ls.lee@samsung.com)

A Fundamental Study of Optimization to Control on Height of Roller Shade in Office Building through Mock-up Experiment

Lim, Ji-Sun*, Kim, Yu-Sin**, Choi, An-Seop***, Lee, Jeong-Ho****

*Dept. of Architectural Eng., Graduate School, Sejong University(crazy-princess@nate.com),
**Dept. of Architectural Eng., Graduate School, Sejong University(haeby@hanmail.net),
***Professor, Dept. of Architectural Eng., Sejong University(aschoi@sejong.ac.kr)
****Samsung Engineering & Construction(jh.ls.lee@samsung.com)

Abstract

An inflow of daylight to the room offers comfortable view environment, psychological and physical security to people in the room and there are merits such as a work efficiency and energy saving. But, it has many problems as an excessive direct sunlight, cooling and heating. We can expect to have energy saving effect for illumination with comfortable view environment creation through control on height of roller shade. This study will be a used a fundamental approach to control on height of roller shade to changing daylight.

Keywords : 자연채광(Daylight), 롤러 웨이드(Roller Shade), 높이 제어(Height control), 에너지 절감(Energy saving), 사무소 건축물(Office building)

1. 서 론

실내로의 주광유입은 재실자에게 쾌적한 시 환경과 더불어 심리적, 신체적 안정감을 제공하고, 작업능률의 향상, 에너지 절감 등의 장점이 있다. 이런 이유로 대부분의 사무

실 재실자들이 사무실에 창문이 있어야 한다고 생각하고, 창문을 통한 주광의 유입을 선호 한다.¹⁾

1) C. Cuttle, People and windows in workplaces, in: Proceedings of the People and Physical Environment Research Conference, Wellington, New Zealand, (1983), pp. 203-212

최근 사무실 개구부의 면적이 넓어짐에 따라 주광의 유입이 용이하고 주광의 활용도가 커지고 있다. 그러나 과도한 직사일광의 유입은 눈부심과 냉·난방부하 증대와 같은 문제점을 발생시킨다. 그렇기 때문에 과도한 주광유입에 의한 시각적 불쾌감의 발생을 차단하기 위해 롤러 셰이드를 설치하지만 현실적인 번거로움으로 인해 롤러 셰이드의 높이는 조절되지 않고, 주광의 유입량에 관계없이 대부분 닫아 놓는다. 이렇게 주광유입에 관계없는 롤러 셰이드의 조절은 주광유입에 의한 장점을 이용하지 못하는 결과를 나타낸다.

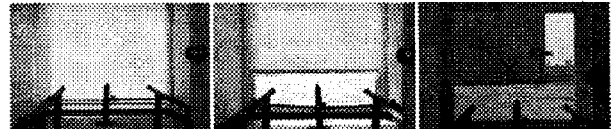
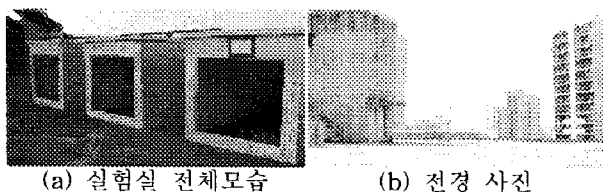
이에 따라 과도한 직사일광의 유입을 차단하며 적절한 주광의 유입을 위한 롤러 셰이드 높이 조절이 필요하다. 그리고 롤러 셰이드의 적절한 높이 제어를 통해 쾌적한 시 환경 조성과 더불어 조명용 에너지 절감 효과를 기대할 수 있다.

이에 본 연구는 1:2 scale 모형실험을 통해 변화하는 주광에 대응하는 롤러 셰이드 높이 조절의 기초적 연구로써 높이에 따른 실내 주광분포변화에 대한 실험을 실시하였다.

2. 실험개요 및 측정방법

2.1 1:2 scale 모형의 구성

본 연구는 S대학교 Y관 옥상에서 모형 실험을 실시하였다. 실험실은 다음 그림 1과 같이 롤러 셰이드를 닫은 상태로 고정된 방(Rm-A), 높이를 조절하는 방(Rm-B), 롤러 셰이드가 없는 기준이 되는 방(Rm-C)으로 구성되어 있다. 표 1은 실험실의 개요이다.



(c) Rm-A:고정 (d) Rm-B:높이 조절 (e) Rm-C:None
그림 1. 1:2 scale 모형의 전경사진 및 내부사진

표 1. 실험실의 개요

| 구분 | | 변수 내용 | |
|-------|----------|-----------------------------------|-------------|
| 외부 조건 | 위 치 | 위도 37° 33', 경도 127° 4' 2) | |
| | 실험 기간 | 3월 1일 ~ 3월 27일 (2008년) | |
| 내부 조건 | 방 크기(mm) | 2870 × 1510 × 1640(창측)/1570(창반대편) | |
| | 재질/반사율 | 천장 | 흰색 페인트/0.84 |
| | | 벽체 | 흰색 페인트/0.84 |
| | | 바닥 | 카펫/0.26 |
| 창호 | 방 향 | 정남향 | |
| | 크 기(mm) | 1290 × 1215 | |
| | 높 이(mm) | 130 | |

측정은 외부 일사 측정점 1개소, 외부 온도 측정점 1개소, 각 방마다 8개소의 조도 측정점(상향 7개소, 하향 1개소), 1개소의 일사 측정점, 2개소의 온도 측정점으로 총 35개의 센서를 설치하여 측정하였으며, 다음의 그림 2와 그림 3과 같다.

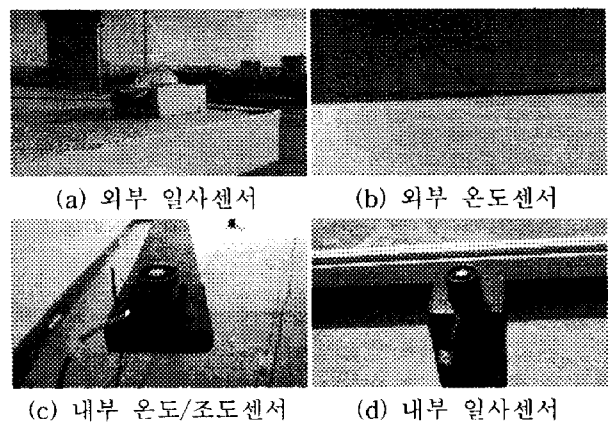


그림 2. 내·외부의 일사/온도/조도센서

2) <http://earth.google.com>(구글어스)

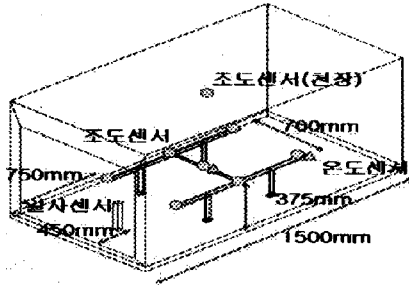
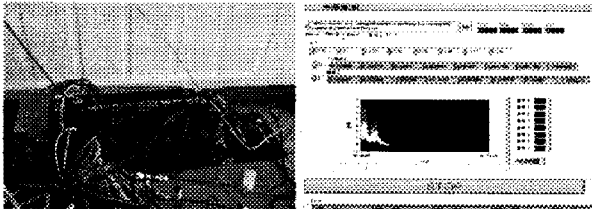


그림 3. 센서 설치 후 내부 모습

그리고 조도, 일사, 온도변화를 측정하였고, 측정된 값은 다량의 센서를 Data Logger와 연결해주는 단자채널을 이용하여 PC로 전송되며, Lab View를 이용하여 측정 데이터를 저장한다. 본 연구에서는 엑셀을 이용하여 1초 간격으로 측정한 조도값을 1분 동안의 평균값으로 산정하여 데이터를 정리하였다. 그림 4는 Data-logger와 Lab View의 모습이다.



(a) Data-logger (b) Lab View

그림 4. Data-logger 및 Lab View

2.2 롤러 웨이드 높이 제어 산정 방법

(1) 일영각(profile angle)

직사일광이 건물의 내부공간 어디까지 영향을 미치는지를 판단하기 위해서는 입사각의 단면적인 개념인 일영각(α_p)을 사용한다. 일영각은 다음 식 (4)와 같이 태양고도(α_t)와 태양의 입사각(α_i)을 통해 구할 수 있으며,³⁾ 이를 통해 롤러 웨이드의 높이 제어를 설정할 수 있다. 태양고도와 태양방위각, 입사각은 다음 식 (1)~(3)을 이용하여 계산할 수 있다. 그림 5는 일영각의 개념을 나타낸 그림이고, 표 2는 춘·추분, 하지, 동지의 일

3) 최안섭, 주광의 이해와 계산 / 특집: 그린 빌딩과 태양에너지 이용, Journal of the KGBC 1012, 2권, 4호, pp. 14-18, 2001

영각을 계산한 것이다.

$$\alpha_t = \arcsin[\sin l \sin \delta - \cos l \cos \delta \cos(\pi/12)] \quad (1)$$

$$\alpha_s = \arctan\left[\frac{\cos \delta \sin(\pi/12)}{\cos l \sin \delta + \sin l \cos \delta \cos(\pi/12)}\right] \quad (2)$$

$$\alpha_i = \arccos(\cos \alpha_t \cos \alpha_z) \quad (3)$$

$$\alpha_p = \arctan\left[\frac{\sin \alpha_t}{\cos \alpha_i}\right] \quad (4)$$

여기서,

- α_p = 일영각
- α_t = 태양고도
- α_s = 태양방위각
- α_i = 입사각
- α_z = 건물입면방위각
- l = 위도
- δ = 태양편차
- t = 태양시

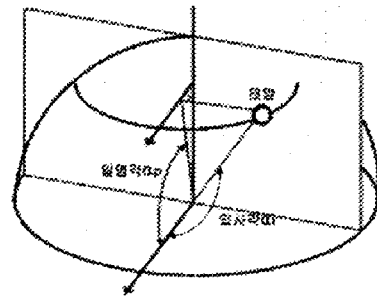


그림 5. 일영각의 개념

표 2. 일영각(단위 : °)

| | 춘, 추분 | 하지 | 동지 |
|-------|-------|-------|-------|
| 09:00 | 27.26 | 42.33 | 11.35 |
| 10:00 | 37.48 | 54.21 | 19.34 |
| 11:00 | 46.2 | 65.31 | 25.26 |
| 12:00 | 51.43 | 74.09 | 28.35 |
| 13:00 | 52.3 | 74.47 | 28.36 |
| 14:00 | 48.25 | 66.45 | 25.26 |
| 15:00 | 40.4 | 55.45 | 19.32 |
| 16:00 | 30.45 | 43.6 | 11.32 |
| 17:00 | 19.39 | 32.07 | 2.02 |

(2) 일영각을 이용한 롤러 웨이드의 높이 조절 방법

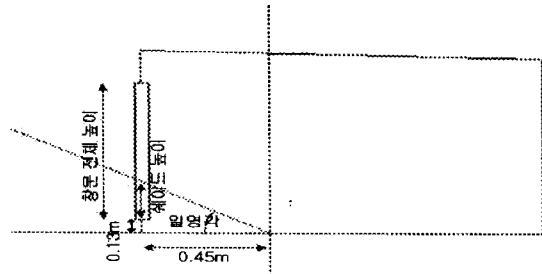
본 연구에서는 일영각을 고려해서 식 (5)를 이용해 롤러 웨이드의 제어 높이를 계산했다. 표 3은 춘·추분, 하지, 동지에 사용하는

롤러 셰이드의 제어 높이이고, 그림 6은 춘·추분의 롤러 셰이드의 제어 높이(h)를 시간별 조절상황을 보여주는 그래프이다.

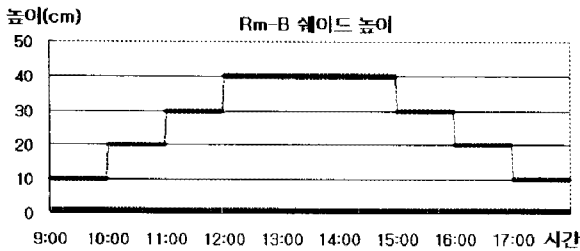
$$h = 0.45 \times \tan \alpha_p - 0.13 \quad (5)$$

여기서,

h = 셰이드 높이
 α_p = 일영각



(a) 일영각을 통한 롤러 셰이드 높이 산정



(b) 시간별 높이 조절

그림 6. 롤러 셰이드 높이 조절(춘·추분)

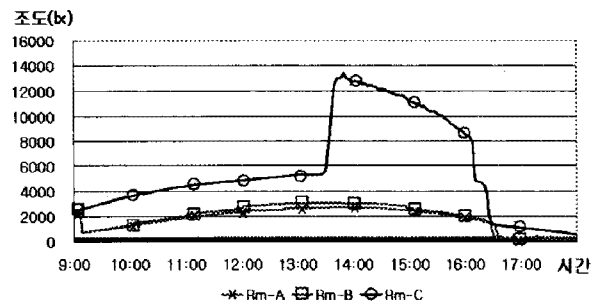
표 3. 롤러 셰이드 높이(단위 : cm)

| | 춘, 추분 | 하지 | 동지 |
|-------|-------|---------|---------|
| 09:00 | 10 | 27 | full-up |
| 10:00 | 21 | 49 | 2 |
| 11:00 | 33 | 84 | 8 |
| 12:00 | 43 | full-up | 11 |
| 13:00 | 45 | full-up | 11 |
| 14:00 | 37 | 90 | 8 |
| 15:00 | 25 | 52 | 2 |
| 16:00 | 13 | 29 | full-up |
| 17:00 | 2 | 15 | full-up |

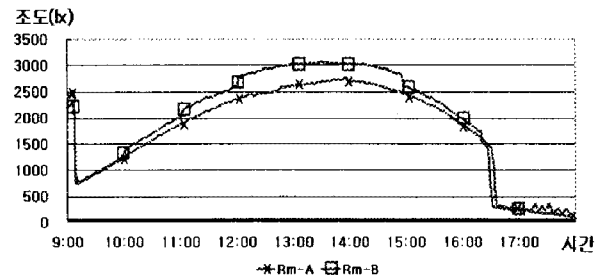
3. 실험결과 및 고찰

그림 7은 실험실의 작업면 평균조도를 비교한 그래프(a)와 Rm-A와 Rm-B만 비교한 그래프(b)이다. 롤러 셰이드를 설치하지 않은 Rm-C는 외부 천공의 구름량 변화(담천

공→청천공4)에 따라 내부 조도가 급격하게 올라간 것을 볼 수 있었다. 반면에 Rm-A와 Rm-B는 외부 환경의 변화에 큰 영향을 받지 않음을 알 수 있었다. 그리고 롤러 셰이드의 높이 조절을 했던 Rm-B의 경우는 높이 조절이 없는 Rm-A보다 주광유입이 많았으며, 외부 환경의 변화에 따라 급격한 조도변화를 보였던 Rm-C에 비해 조도변화가 크지 않음을 알 수 있었다.



(a) Rm-A, Rm-B, Rm-C 비교

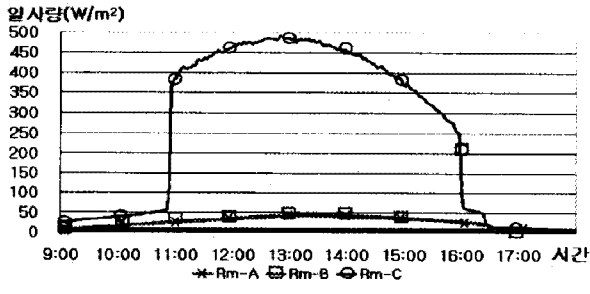


(b) Rm-A와 Rm-B 확대

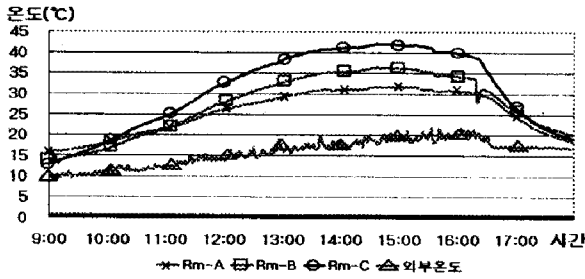
그림 7. 작업면 평균조도 비교

그림 8은 내부 일사량과 실내·외 온도를 나타낸 그래프이다. 내부 일사량과 실내 온도 모두 Rm-A와 Rm-B에서 거의 비슷하게 나타났다. 이는 불필요한 직사일광을 막아주는 것을 통해 일영각을 이용한 롤러 셰이드의 높이 조절이 적절했음을 알 수 있었다. 또한 롤러 셰이드의 설치를 통해 냉·난방 부하를 감소시킬 수 있음을 알 수 있었으며, 롤러 셰이드 높이 조절을 통한 주광유입이 내부 일사량과 내부 온도에 크게 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있었다.

4) <http://www.kma.go.kr/intro.html>(기상청)

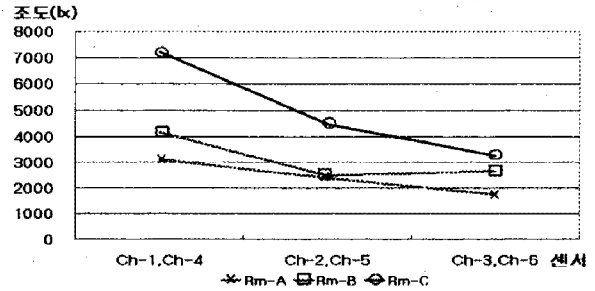


(a) 내부 일사량

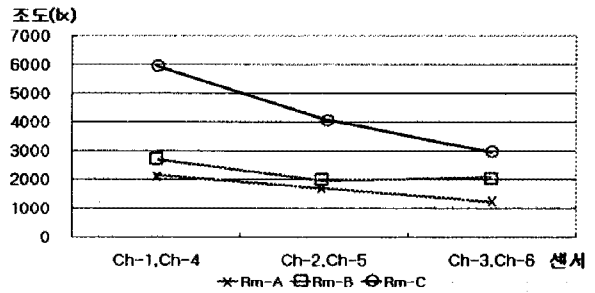


(b) 실내·외 온도

그림 8. 내부 일사량 및 실내·외 온도



(c) 14시



(d) 16시

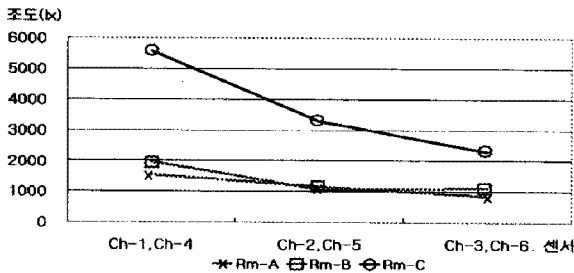
그림 9. 주광유입분포

그림 9는 높이에 따른 하루 동안의 주광유입 분포 측정값을 나타낸 그래프로, 롤러 블라인드의 높이에 따른 실내 주광유입의 분포 변화를 비교하였다. 롤러 블라인드를 통해 실내 안쪽까지 균일한 조도분포를 보임을 알 수 있었다.

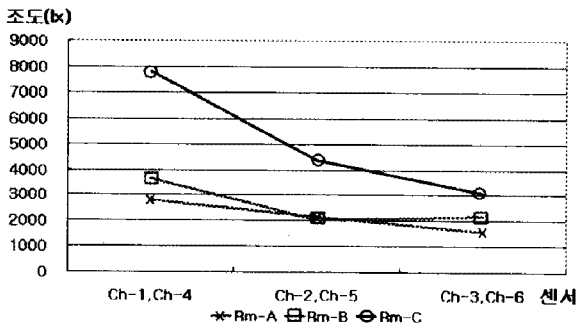
주광유입에 의한 실내의 균제도(Min/Max)는 다음 표 4와 같다. 실내의 균제도는 전체적으로 Rm-B의 균제도가 다른 실에 비해 좋게 나타났다. 즉, 롤러 블라인드의 높이 제어가 좀 더 쾌적한 시 환경을 조성한다는 것을 알 수 있었다.

표 4. 실내 균제도(Min/Max)

| 시간(시) / 높이(cm) | Rm-A | Rm-B | Rm-C |
|-----------------|------|------|-------|
| 9시, 17시 / 10cm | 0.17 | 0.24 | 0.18 |
| 10시, 16시 / 20cm | 0.31 | 0.36 | 0.003 |
| 11시, 15시 / 30cm | 0.34 | 0.43 | 0.23 |
| 12시-14시 / 40cm | 0.36 | 0.45 | 0.08 |



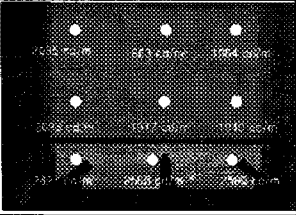
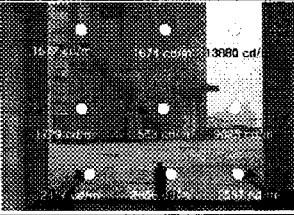
(a) 10시



(b) 12시

회도계(LS-110)를 이용하여 롤러 블라인드의 높이를 조절한 경우와 롤러 블라인드를 설치하지 않은 경우의 회도를 측정하였다. 그 결과, 롤러 블라인드가 회도를 고르게 분포시키는 것을 알 수 있었다(표 5). 이는 롤러 블라인드가 눈부심 방지 및 쾌적한 시 환경 조성에 도움을 주기 때문이다.

표 5. 휘도 측정(단위 : cd/m²)

|  | | | |  | | | |
|---|------|------|---------|---|------|------|---------|
| 최대 | 최소 | 평균 | Min/Max | 최대 | 최소 | 평균 | Min/Max |
| 2599 | 1963 | 2165 | 0.76 | 13880 | 1563 | 4108 | 0.11 |
| (a) Rm-B | | | | (b) Rm-C | | | |

4. 결론

본 연구에서는 롤러 블라인드의 높이에 따른 실내 조도, 일사량, 온도, 주광유입분포의 변화를 분석하기 위해 S대학교 Y관 옥상에 설치된 모형을 이용한 실험을 수행하였다. 그 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 작업면 평균조도 : 태양의 변화(고도, 방위각, 일영각)에 따라 롤러 블라인드의 높이 조절을 한 Rm-B가 롤러 블라인드를 완전히 닫은 Rm-A보다 조도값이 더 높았다. 그리고 외부 환경의 급격한 변화에도 Rm-B는 균일한 실내 조도 변화를 보였다.
- (2) 일사량 및 온도 : 내부 일사량과 온도 모두 Rm-C에서 가장 큰 변화를 보였다. 일사량은 Rm-A와 Rm-B에서 거의 차이가 없었고, 온도는 Rm-B가 Rm-A보다 조금 높은 온도변화를 보였으나 큰 차이는 없었다. 이는 롤러블라인드 높이 조절을 통해 유입된 주광은 실내의 일사량과 온도에 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있었고, 일영각을 이용한 롤러 블라인드의 높이 조절이 적절했음을 알 수 있었다.
- (3) 유입분포도 : Rm-B는 실내 안쪽까지 균일한 조도분포를 보여주는데 이것은 롤러 블라인드를 통한 확산광의 유입이 이루어지기 때문이다.
- (4) 균제도 : Rm-B가 가장 좋은 균제도를 보였으며, 이는 롤러 블라인드의 높이 제어

를 통해 쾌적한 시 환경 조성의 가능성을 알 수 있었다.

- (5) 휘도 : 롤러 블라인드가 휘도의 분포를 고르게 함으로써 눈부심이 없는 쾌적한 시 환경을 조성함을 알 수 있었다.

본 연구의 실험에서와 같이 롤러 블라인드의 설치를 통해 외부 환경의 급격한 변화에 의한 실내 조도의 변화가 크게 발생 하지 않음을 알 수 있었다. 또한 롤러 블라인드의 높이 조절을 함으로써 롤러 블라인드 높이를 조절하지 않은 경우보다 주광의 유입이 많아 에너지 절감과 더불어 보다 쾌적한 시 환경 조성을 이룰 수 있음을 알 수 있었다.

본 연구의 한계로는 1:1 scale이 아닌 1:2 scale의 Mock-up 실험이라는 점과 365일 Data가 아니라 3월 Data만을 사용했다는 점이다. 향후 연구에서는 보다 많은 Data를 측정해야 한다. 그래야 최적화된 높이 조절을 할 수 있으며, 롤러 블라인드 높이 제어에 대한 기초적 자료로 사용될 것이다.

후 기

본 연구는 삼성건설의 연구비 지원에 의한 연구결과물의 일부이며, 저자의 일부는 2단계 BK21의 장학금 지원을 받았음.

참 고 문 헌

1. C. Cuttle, People and windows in workplaces, in: Proceedings of the People and Physical Environment Research Conference, Wellington, New Zealand, pp. 203-212, 1983
2. <http://earth.google.com>
3. 최안섭, 주광의 이해와 계산 / 특집: 그린 빌딩과 태양에너지 이용, Journal of the KGBC 1012, 2권, 4호, pp. 14-18, 2001
4. <http://www.kma.go.kr/intro.html>