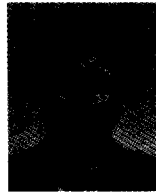


일사조절형 창문 시스템

Advanced window system to regulate
solar insolation for environment improvement

조 성 환
S. H. Cho

한국에너지기술연구원 건물에너지 연구부



- 1958년생
- 건물의 에너지절약과 관련하여 건축설비 및 에너지해석기술에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

건물에서 창문의 기능은 다양하나 크게 기술적 요소와 미적 요소 및 심리적 요소로 구분될 수 있는데 기술적요소중에서 건물의 에너지성능과 관련된 요인은 열환경요인과 빛 환경요인으로 구분할 수 있다.

창문은 태양복사의 유입을 통해 실내의 시환경을 조성하고 동절기에는 난방부하의 절감을 유도할 수 있으나, 다른 구조체에 비해 단열성능이 크게 떨어져 5배 이상의 에너지가 손실되는 열적 취약부위이다. 또한 하절기에는 태양복사에 의한 과열현상으로 냉방부하가 가중되며, 과도한 주광 유입은 현휘현상을 발생시키는 등 환경조절 측면에서 매우 복잡한 기능을 지니고 있어 인간은 고대로부터 개구부의 일사조절을 위해 여러 가지 노력을 기울여 왔다.

특히 창면적비 및 내부발생부하가 큰 최근의 사무소 건물에서는 창호를 통해 유입되는 태양에너지는 건물 에너지 성능에 큰 영향을 미치기 때문에 유입일사는 실내의 시환경 조성을 위해 연간 일정 수준 이상의 자연광을 유입시켜야 한다. 그러나 태양복사열은 지역기후의 조건 즉, 동절

기와 하절기의 조건에 따라 실내유입 또는 차단을 결정해야 한다. 일반적으로 주광과 복사열이 동시에 제공되는 태양에너지의 특성상 난방과 냉방, 채광과 냉방이라는 상반된 조절개념을 동시에 고려해야 하며, 여기에 현휘현상과 같은 주광 성능 또한 고려되어야 함으로 효과적인 일사조절에는 많은 어려움이 따른다. 결국, 건물 개구부의 일사조절 목적은 실내의 조건에 따라 태양에너지의 질적, 양적 제어를 함으로써 쾌적한 실내의 주광환경 및 열환경을 조성하는 동시에 건물 에너지의 소비를 최소화 하는 것이다.

최근에 큰 관심사가 대두되고 있는 환경친화형 건물들은 자연광이나 자연에너지를 최대한 이용하는 방향으로 개발이 진행되고 있다.

따라서 본 고에서는 여러 가지 첨단창문중에서 태양에너지를 적극적으로 이용함으로써 에너지절약적인 공기식 집열창시스템, 블라인드 슬래트 각도 자동제어시스템, 투광조절유리창 등에 대하여 열적 및 환경 특성을 살펴보고자 한다.

2. 공기식 집열창 시스템

공기식 집열창 시스템은 1930년대에 최초로

스웨덴에서 기본적인 개념이 시작되었으나 본격적인 개발은 1960년대부터 핀란드의 EKONO사가 중심이 되어 활발하게 이루어졌다.

공기식 집열창 시스템은 기본적으로 3가지 형태로 분류할 수 있는데, 첫 번째 것은 배기식 창(exhaust air window)이라고 불리는 것으로 실내공기가 강제적으로 내창과 외창사이를 지난후 외부로 보내지는 것이며, 두 번째 것은 급기식 창(supply air window)이라고 불리는 것으로 외기가 내창과 외창사이를 지난후 실내로 유입되는 것이다. 세 번째 것은 실내공기가 내창과 외창사이를 지난후 HVAC시스템으로 유출되는 것으로서 공기추출식 창, 환기식 창 및 공기커펀식 창 등 여러 가지 이름이 있는데 일반적으로 공기식 집열창이라고 하는 것은 세 번째로 분류된 것을 주로 나타낸다.(그림 1)

최근에는 인텔리전트 건물의 등장에 따라서 열적패적성과 에너지절약을 위하여 유럽, 일본등에서 대형건물에 집열창 시스템을 채택하고 있다.

공기식 집열창을 갖춘 수개의 건물에 대하여 다년간 운전 및 시뮬레이션을 한 결과에 의하면 이들 건물은 일반 창으로된 건물보다 연간 20~50% 정도 에너지 소모량이 적은 것으로 나타났으며 여름, 겨울 할 것없이 향상된 열적성능과 공간의 쾌적성을 제공할 수 있는 것으로 규명되었다.

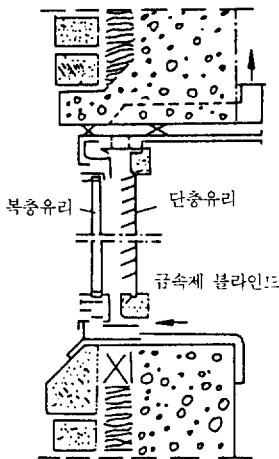


그림 1 집열창 시스템의 개요도

공기식 집열창 시스템은 실내측 유리의 온도가 실내공기의 온도와 같거나 높게 유지되기 때문에 실내의 평균복사온도가 상승된다. 이와같이 평균 복사온도가 상승되었다는 것은 Thermostat의 온도를 1~2℃ 정도 낮추어도 실내 쾌적수준은 일반창을 가진 경우와 같게 유지된다는 것을 의미한다. 따라서 공기식 집열창 시스템을 설치한 건물에서는 재래적인 방법인 Thermostat의 온도를 하향 조절하는 것에 의해서도 에너지 절약이 가능하다.

공기식 집열창 시스템을 설치한 건물은 실내에서 외부로 열손실을 의미하는 유효 열관류율이 일반창에 비해서 상당히 낮다.(그림 2)

그림에서 보면 집열창을 통한 열손실은 공기층이 정체되어 있을 때보다 공기속도가 빠를 때 열손실은 더 많이 일어난다. 그럼에도 불구하고 모든 종류의 열손실을 포함한 건물전체의 열손실은 일반창으로 된 건물보다 더 적다는 것이 실험결과 밝혀졌다. 즉, 기류의 순간적인 영향이 열손실을 증가시키더라도 실내의 평균복사온도 상승, Thermostat 설정시 하향 등과 같은 다른 복합적인 영향 때문에 전체 시스템 효과는 창의 열적성능을 향상시킨다는 것을 나타낸다.

집열창 시스템은 하나의 독립된 창문시스템이지만 HVAC시스템과 연계하여 적절히 설계되고 시공될 때 비로서 제기능을 발휘할 수가 있다.

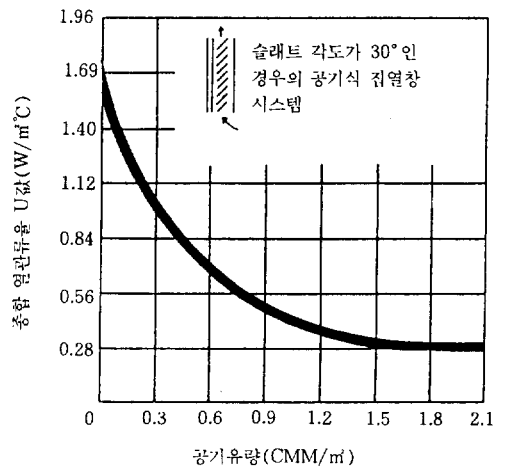


그림 2 집열창 시스템의 종합 열관류율

따라서 외국의 여러나라에서는 각각의 기후나 환경특성에 맞게 각기 조금씩 다른 방식을 채택하고 있는데 이들을 요약하면 아래와 같다.

2.1 EKONO system

- (1) 제작국 및 제작사 : 핀란드, EKONO 사
- (2) 시스템 적용 건물 : EKONO 본사인 Ota I, II, III and IV 등 다수

(3) 창문의 특징

- ① EKONO 본사의 모든 건물에 공기식 집열창 시스템을 채택하고 있는데 본사 건물에는 자연 채광 시스템, 전열교환기 및 hollow slab concrete를 채택하고 있다.
- ② 내창에 대한 창틀은 목재를 사용하고 있으며 외창에 대한 창틀은 부식을 방지하기 위하여 알루미늄을 사용하고 있다.
- ③ 집열창 시스템에서 발생하는 압력강하 현상은 damper를 메인덕트 및 서브덕트내에 각각 설치하여 각 실의 실내압력을 조절하여 줌으로서 최소화하였다.(그림 3)
- ④ 베네티안 블라인드의 위치는 공기의 흐름을 방해하지 않기 위하여 내창쪽으로 밀착시키지 않고 내창으로부터 5mm 정도의 간격을 두고 설치하였다.

- ⑤ 외창은 12mm의 공기층과 5mm의 단창을 가지는 투명이중창, 내창은 6mm의 단창, 내창과 외창사이의 간격은 112mm로서 공기식 집열창을 구성하였는데 공기의 유동은 $3.8dm^3/(S \cdot m)$ 로 하였다.
- ⑥ EKONO에서 측정한 공기식 집열창 시스템의 U값은 그림 2에 나타나있다.

2.2 PROTECTA-SOL system

- (1) 제작국 및 제작사 : 서독, The Protecta-sol 사
- (2) 시스템 적용 건물 : The Karlsruhe Lebensversicherung Karlsruhe 건물

(3) 창문의 특징

- ① 실내 공간에 걸리는 미소한 정압으로 실내 공기는 창 윗부분에 나 있는 구멍으로 들어가 창 공간을 통과하여 창 밑에 나있는 배출구로 통하여 밖으로 배출된다.
- ② 외기가 창 공간으로 역류되는 현상을 방지하기 위하여 배출구에 check valve를 설치한다.(그림 4)
- ③ 본 시스템을 적용한 창문의 열 특성은 창문의 단위 길이에 대하여 유량이 85~

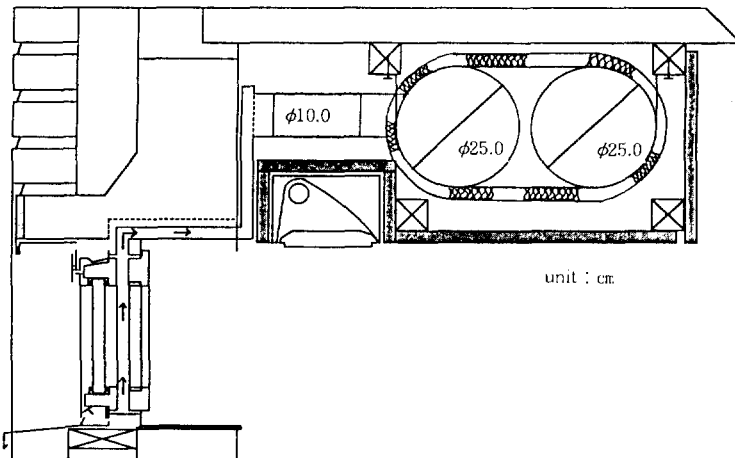
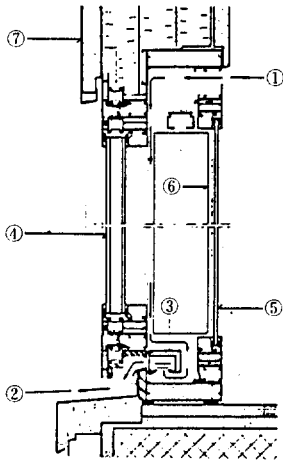


그림 3 EKONO사에 설치된 시스템의 단면도



- 1. exhaust-air inlet
- 2. exhaust-air outlet
- 3. protecta-sol air check valve
- 4. double glazing
- 5. single pane
- 6. vertical louver blinds
- 7. facade

그림 4 PROTECTA-SOL 배기식 창의 단면도

35m³/h·m이고 U값은 0.03~0.70W/m²이다.(그림 5)

2.3 CARD system

- (1) 제작국 및 제작사 : 스웨덴 CARD사
- (2) 시스템 적용 건물 : SPARBANKEN 건물
- (3) 창문의 특징
 - ① 내부 창틀은 목재로 만들었으며 외부 창틀은 알루미늄으로 되어 있다.
 - ② COMBIVENT라는 상표이름으로 제작되며 HVAC-ceiling-facade 팩케이지와 같이 판매된다.
 - ③ 실내 공기는 내 창 밑에 수평으로 나있는 구멍을 통하여 창내부로 유입되며 유입된 공기는 창내부를 지나서 창 위에 설치된 배기덕트를 거친후 중앙 공조 시스템으로 들어가 실내공간의 냉·난방에 사용된다.
 - ④ 실내 공기는 열을 추출하기 위하여 조명기구(lighting fixtures)들을 통과하여 배기된다.
 - ⑤ 실내로 유입되는 공기량을 조절하기 위해서 정풍량 방식과 변풍량 방식의 두가지

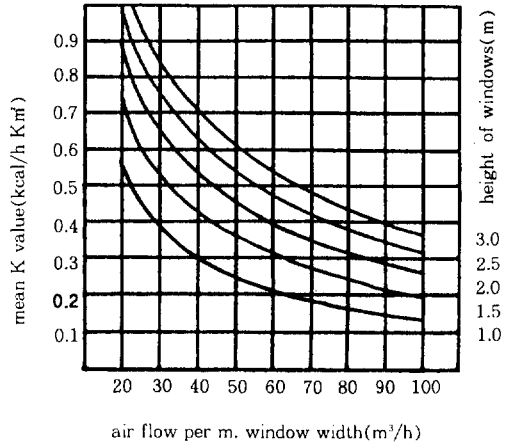


그림 5 PROTECTA-SOL 배기식 창의 U값

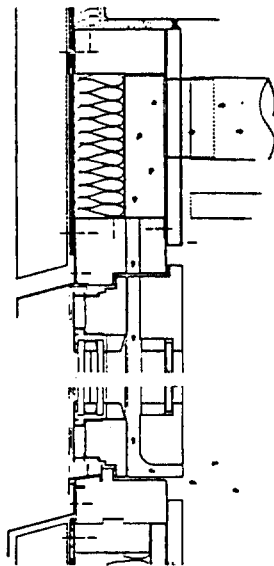


그림 6 CARD 시스템의 단면도

방법을 모두 사용할 수 있다.

- ⑥ 겨울철에 창사이에서 발생할 수 있는 응축을 방지하기 위해서 창문 높이가 1.2m일 때에 유량을 30m³/h 이하로 하지 않는다. (그림7)
- ⑦ 이 건물의 가장 남쪽에 설치한 창문에는 창사이에 베네티안 블라인드를 설치했으며 바깥쪽 유리창은 반사 유리를 사용했다.

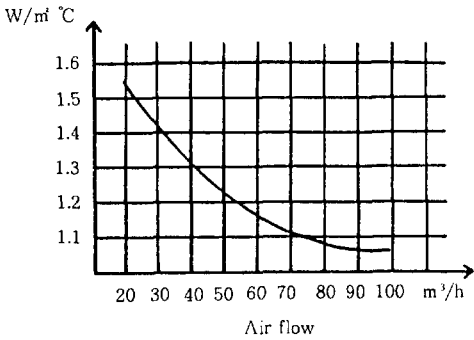
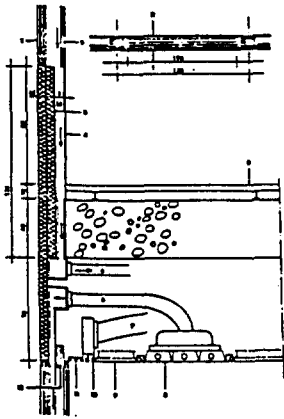


그림 7 CARD 시스템의 U값



- 1. Thermoplastic insulating glass
- 2. single glass
- 3. Isoternit sill panel
- 4. aluminum panel
- 5. raised floor
- 6. return air
- 7. supply air
- 8. lighting
- 9. suspended ceiling
- 10. supply air register
- 11. drapery guide
- 12. venetian blind

그림 8 KOLLER 시스템의 단면도

2.4 KOLLER system

- (1) 제작국 및 제작사 : 스위스 KOLLER사
- (2) 시스템 적용 건물 : Kloeckner 건물
- (3) 창문의 특징
 - ① 창문의 외창은 약간의 열반사가 되며 단열이 되는 유리창을 사용했다. 그리고 내창은 슬라이딩이 되는 프레임을 사용하였으며 내창과 외창사이에 나일론으로 된 블라인드를 설치했다.

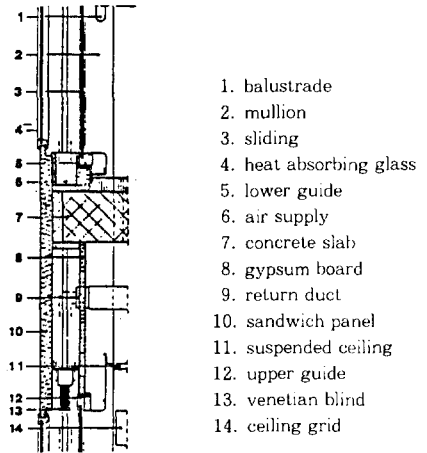


그림 9 SIS-ISAL 시스템의 단면도

- ② 공기의 유량이 80m³/hm 일 때 U값은 0.8W /m²K 이하로 유지할 수 있다.
- ③ 실내외 온도차가 12°C이고 상대습도가 약 45% 일때에도 이중 유리창 내부 표면에서 응축이 일어나지 않는다.
- ④ 다양한 air-volume이 바닥 공간과 통풍장치들을 통해서 창 공간으로 유입되며 유입된 공기는 창공간을 통과하고 또는 천정의 조명 장치들을 통과하여 환기된다.(그림 8)

2.5 SIS-ISAL system

- (1) 제작국 및 제작사 : 스위스 ISAL사
- (2) 시스템 적용 건물 : SUTOR & SUTOR 건물
- (3) 창문의 특징
 - ① 창문의 외측 유리창은 흡수유리를 부착한 고정 단창으로 되어있고 내측은 보통 유리를 부착한 슬라이딩 프레임 창으로 구성되어 있다. 그리고 창 내부 공간에 베네티안 블라인드를 설치했다.(그림 9)
 - ② 창 프레임은 열손실과 부식을 방지하기 위하여 합성고무를 씌운 알루미늄으로 제작하였다.
 - ③ HVAC(중앙공조 시스템)은 2중 덕트시스템으로 구성되어 있다.
 - ④ 겨울철에 내창 표면온도는 실내온도보다 4

℃이상 내려가지 않으며 U값은 유량의 변화에 대하여 0.12와 0.16사이에서 유지된다.

2.6 RIETH system

- (1) 제작국 및 제작사 : 서독 RIETH Son시스템
- (2) 적용 건물 : Deutsche Texaco 건물
- (3) 창문의 특징
 - ① 창문의 외창은 이중 반사, 단열 유리를 사용했고 내창은 사시 창틀에 단창을 부착했다. 그러나 창 공간에는 베네치안 블라인드를 설치하지 않았다.(그림 10)
 - ② 실내 공기는 바닥에서 약 12cm 높이에 있는 유입구로 들어가 집열창 공간을 통한 후 창 위에 있는 배기 덕트를 통하여 HVAC로 전달된다.(그림 10)
 - ③ 고정된 외창 바깥쪽에 유리창으로부터 약 3피트 거리에 차폐장치로서 수평으로된 금속제 리버를 설치했다.
 - ④ 창을 통한 전달 열손실은 겨울철에 약 50%, 여름철에 20% 절약된다.

3. 베네치안 블라인드의 슬래트 각도 자동 제어 시스템

베네치안 블라인드와 같은 슬래트 형태의 태양

열 차단재들은 슬래트 자체의 재질, 기하학적 구조 및 표면의 물리적 성질에 따라서 열적특성이 크게 다르다.

따라서 베네치안 블라인드가 설치된 건물의 경우에 슬래트의 각도를 실내의 조건에 따라서 최적으로 유지되게 하느냐 하는 것은 건물전체의 열적성능에 크게 영향을 미치게 된다. 기존의 연구결과 등에 의하면 베네치안 블라인드의 슬래트 각도를 최적으로 유지할 경우 일정한 각도를 유지한 경우보다 창으로 입사되는 태양일사열을 적절하게 이용함으로써 겨울철에는 30% 이상까지 냉난방에너지를 절약할 수 있음을 나타내고 있다.

슬래트 각도 자동제어 시스템은 실내의 온도 및 창으로 입사되는 일사량을 감지한 후, control box 내부에 있는 제어프로그램에 의하여 베네치안 블라인드와 연결된 스텝모터를 구동하여 슬래트 각도를 최적의 각도로 유지함으로써 창으로 입사되는 일사량을 적절하게 이용하자는 것이다.

동 시스템은 그림 11과 같이 일사량 측정장치, 온도감지기, 스텝모터, 콘트롤 박스 및 베네치안 블라인드로 간단하게 구성되어 있다.

이때 본 시스템의 특성은 중앙제어장치에서 처리하는 프로그램을 어떻게 구성하느냐 하는 것에 따라서 결정되어 질 수 있는데 그림 12에 이에 대한 세부프로그램의 구성예를 나타내었다.

그림 13 및 그림 14는 1996년도 겨울철에,

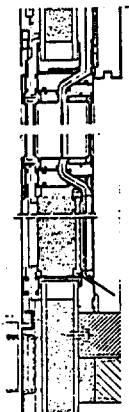


그림 10 RIETE 시스템의 단면도

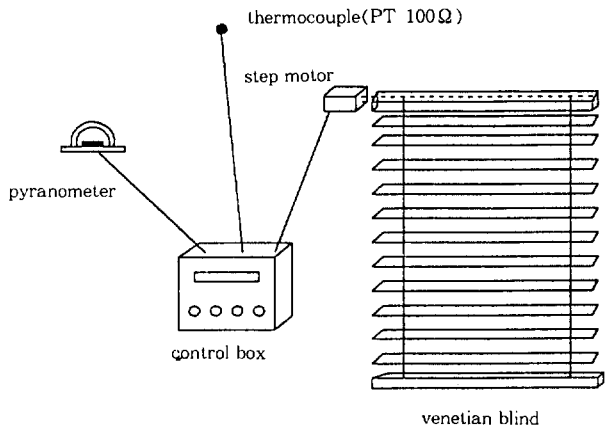


그림 11 슬래트 각도 자동제어 시스템의 개요도

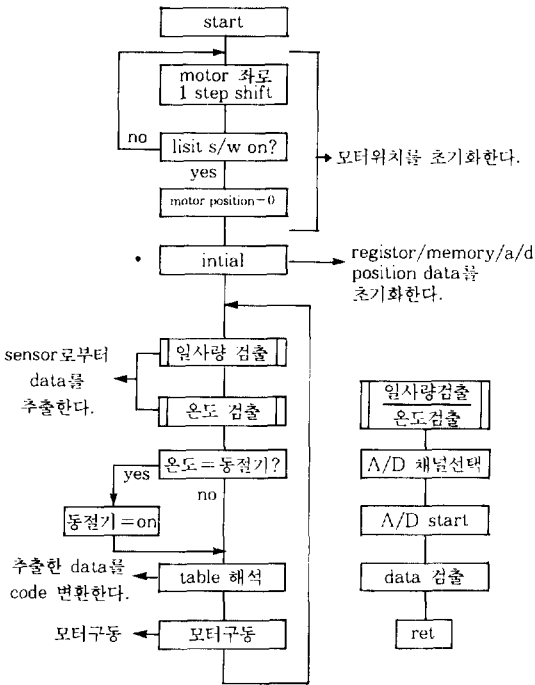


그림 12 슬래트 각도 자동제어 시스템 플로우 차트

그림 15 및 그림 16은 여름철에 대하여 슬래트 자동조절기를 작동시켜서 슬래트각도를 고정시켜 놓은 경우와 실내온도 및 조도를 비교측정한 경우이다.

그림에서 보면 슬래트 각도를 항상 최적으로 유지할 경우 일정한 각도를 고정되어 있는 경우보다 겨울철에는 실내온도가 1.5~2.0℃ 정도 높게 나타나고 실내조도를 170~200Lux 정도 높게 나타나는 반면에 여름철에는 1.2℃ 정도 낮게 나타나고 실내온도는 약 100Lux 정도 높게 나타나는 것으로 나타났다.

따라서 슬래트 각도 자동조절기를 채택할 경우 연간 약 10~20% 정도의 에너지 절약과 실내환경 개선이 가능하리라 사료된다.

4. 투광조절유리창

냉난방의 균형 및 냉방과 채광의 상반성을 충족시키기 위한 일사조절 수단으로 가장 바람직한 기술은 태양복사 투과율의 가변조절과 동시에 파장대별 선택적 조절이 가능한 가변 일사조절재료

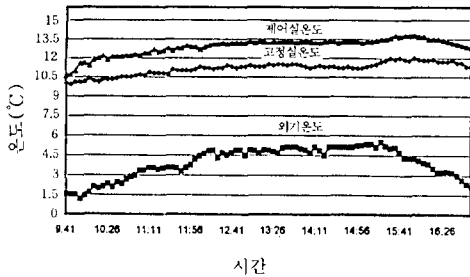


그림 13 난방기의 외기온과 실내건구온도

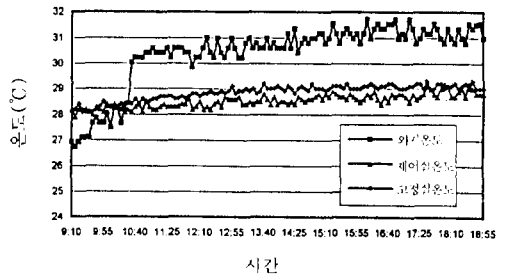


그림 15 냉방기의 외기온과 실내건구온도

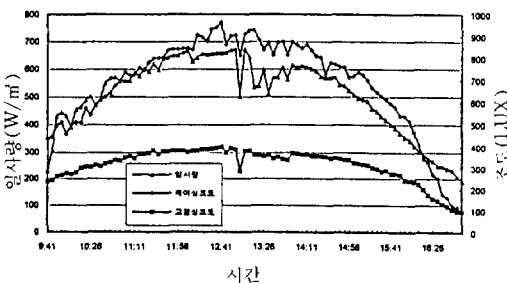


그림 14 난방기의 일사량과 실내조도

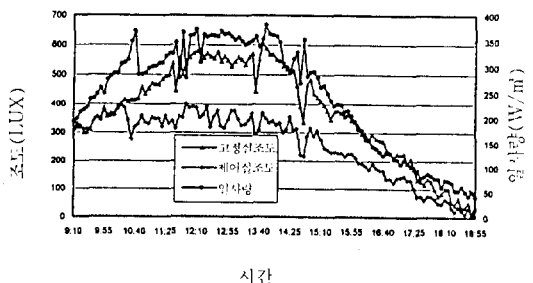
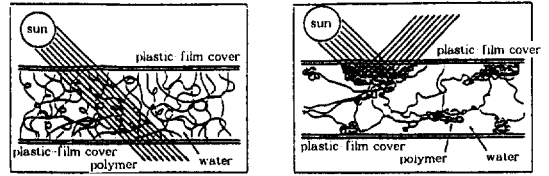


그림 16 냉방기의 일사량과 실내조도

(optical switching materials)를 들 수 있다. 가변 일사조절재료는 현재 3가지 유형으로 연구 개발되고 있는데 광에 반응하는 포토크로믹(photochromic) 코팅과, 열에 반응하는 써모크로믹(thermochromic) 코팅 및 전기적 반응에 의한 일렉트로크로믹(electrochromic) 코팅 등으로 구분할 수 있으며, 이들 재료는 각각 조명과 냉방 에너지에 미치는 영향이 다르게 나타난다.

포토크로믹(photochromic) 방식의 재료들은 광학적 성질이 빛의 강도에 따라 변하게 된다. 일반적으로 이러한 재료들은 에너지 흡수적인데 그것은 각기 다른 흡수 스펙트럼들을 가진 두 개의 에너지 상태 사이에서 화학적 가역변화에 기인하는 것으로, 이러한 변화는 조도(illuminance)에 의해 유도된다. 소량의 Cu⁺를 포함한 silver halides가 유리에 사용되는 가장 일반적인 소재이나 아직 건축적 적용을 위해서는 많은 연구가 필요한 분야이다.

써모크로믹(thermochromic) 재료는 특정 온도에서 색 변이(color transition)가 이루어지는 것으로, 코팅이 특정 변이온도 이하일 때는 태양 일사를 투과시키지만, 코팅이 가열됨에 따라 코팅내부가 금속적 상태로 전환되어 태양일사의 적외선을 반사시키게 된다. 따라서 투과체를 통한 태양일사의 실내 유입량을 감소시키는 효과를 나타낸다. 써모크로믹의 예로는 cloud gel이 일반적이다. cloud gel은 투명한 플라스틱 필름으로 공간난방에 적용될 경우 실내온도에만 반응한다. 실내조건이 쾌적온도 이상으로 과열될 때 불투명한 흰색으로 변하여 태양 스펙트럼의 90%를 반사시키며, 냉각되면 다시 태양투과율 90%의 투명한 상태로 변한다. 전이온도, 최대반사율, 주광 반응도 등은 제조과정에서 사람이나 식물들의 실내 기후 변화를 창조하기 위해 모두 조절될 수 있다. 그림 17은 cloud gel의 작동구조를 나타내며 그림 18은 온도에 따른 투과율 변화를 보여준다. cloud gel은 두 개의 플라스틱 필름 사이에 끼워져 있는 고분자(polymers) 물질과 수용액으로 구성된다. 고분자들은 좁은 범위의 온도범위에 대해서도 그들 연결고리의 형상과 같이 쉽게 변화시킬 수 있어 유입일사를 가면적으



(a) 차가운 상태의 cloud gel (b) 따뜻한 상태의 cloud gel

그림 17 cloud gel의 작동구조

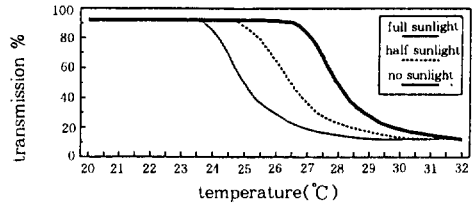


그림 18 온도 및 일사에 따른 cloud gel의 투과율 변화

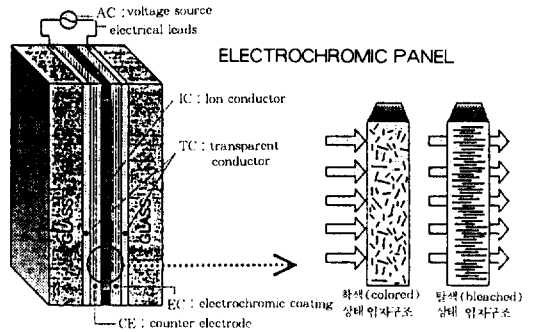


그림 19 일렉트로크로믹 유리의 구조 및 작동 원리

로 조절할 수 있는 것이다. 일부 재료들은 얇은 층을 중심으로 양쪽에 미량의 전압을 가할 경우 가역적인 색변화를 일으키는데 이것이 일렉트로크로믹(electrochromic)코팅이다. 그림 19은 일렉트로크로믹코팅이 적용된 유리의 구조 및 작동 원리를 설명한 것이다. 일렉트로크로믹 코팅은 전형적으로 유리기판에 5개의 코팅층이 추가되는데 그림과 나타난 바와 같이 TC(transparent conductor), CE(counter electrode), EC(electrochromic), IC(ion conductor)로 구성된다. 낮은 전압이 양측의 TC층에 가해지면 이온들이

CE층으로부터 EC층으로 이동되어 투과율의 변화를 일으킨다. 일반적으로 일렉트로크로믹 장치들은 자연상태에서는 색을 띠게 되며 이온들이 전달됨에 따라 투명해지게 된다. 전달되는 이온들의 수를 조절함으로써 일렉트로크로믹 창호의 투과율을 지속적으로 변화시킬 수 있으며 그 범위는 최소 10%에서 최대 80%까지 가능하다. 전원을 끄게 되면 EC층은 그 상태의 투과율을 유지하게 되며 따라서 EC코팅은 매우 소량의 전력소비만을 요구한다. 전압을 반대로 가하면 원래상태의 코팅상태로 복귀하게 된다. tungsten trioxide(WO₃)는 이 계열의 재료 중 가장 광범위하게 연구되고 있는 재료이다. 그것은 주로 태양 적외선영역 내에서 전환되며 양쪽상태에서 모두 높은 가시광투과율을 유지한다.

최근의 연구결과에 의하면 일렉트로크로믹 재료는 태양에너지를 조절하기 위한 응용방법 중 가장 잠재력이 뛰어난 것으로 나타났다. 단일형태의 써모크로믹 또는 포토크로믹 코팅은 냉방 및 조명에 대해 요구되는 모든 반응을 제공하지 못하는 반면, 일렉트로크로믹 코팅은 적절히 조절할 수 있는 능력을 가지고 있다. 일렉트로크로믹 창호는 일부 시제품이 제작되고 있으나, 아직 개발이 완료된 기술은 아니며 경제성 및 내구성과 코팅 가능면적 등의 이유로 인해 현재도 계속 연구가 진행되고 있다.

6. 결 론

건물에서 발생하는 대부분의 에너지 손실은 건

물의 벽체나 지붕, 그리고 창문을 통하여 이루어진다. 이중에서 창문을 통한 열손실량은 주택의 경우에는 건물 전체열손실량의 20~40% 정도를 차지하고 일반사무소건물에는 10~35% 정도를 차지하고 있다.

따라서 건물의 에너지절약을 위해서 창문을 통한 열손실을 최소화시키는 것은 매우 필요하다 할 수 있다.

최근에 큰 관심사로 대두되고 있는 환경친화형 건물들은 자연에너지를 최대한 이용하자는 방향으로 연구개발이 진행되고 있다.

따라서 본 고에서는 태양에너지를 적극적으로 이용함으로써 에너지 절약과 환경개선에 유리한 공기식 집열창시스템, 블라인드 슬래트각도 자동제어시스템, 투광조절유리창 등에 대하여 열적특성을 살펴보았다.

참 고 문 헌

1. 조성환 외, 1992, "배기식 집열창시스템의 개발 및 실용화 연구(I)", 한국에너지기술연구소.
2. 이남호 외, 1996, "집열창의 일사확득계수산정 기술 개발연구(I)", 한국에너지기술연구소.
3. 박상동 외, 1991, "공기식 집열창 시스템 개발연구(III)", 한국에너지기술연구소.
4. 신기식 외, 1996, "창호용 일사흡수, 반사경용 블라인드 및 제어기 개발에 관한 연구", 한국에너지기술연구소.