

# 에너지와 환경부하에 능동형 대응을 위한 건물 외피시스템 기술

- 에너지 다소비형 커튼월을 중심으로 -

글 | 강재식 | 한국건설기술연구원 건축도시환경연구실 책임연구원 Email : jskang@kict.re.kr

## 1. 서론

건물은 우리나라 전체 에너지소비의 약 25%, 지구환경부하에 영향을 미치는 이산화탄소 배출량의 약 50%를 차지한다. 또한 전 생애비용(LCA) 관점에서 건물은 자원의 40%를 소비하는 것으로 알려져 있다. 에너지 관련 통계자료는 에너지소비의 주체를 산업부문, 수송부문 그리고 가정·상업부문으로 구분하는데 건물에 해당하는 가정·상업부문의 에너지소비량은 2005년 기준으로 41.6백만 TOE로써 수송부문과 산업부문의 연평균 증가율이 2%에 비해 8.7%대의 높은 증가율을 보이고 있다.

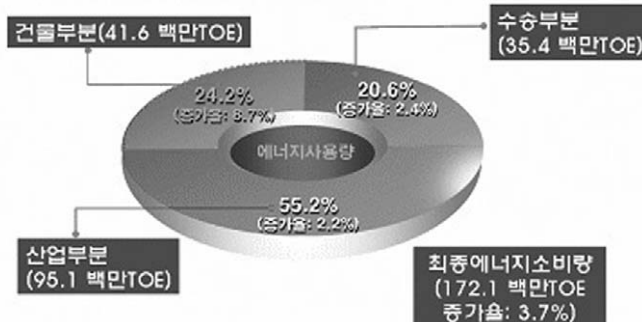
따라서 고유가와 지구환경부하 저감차원에서 지속적인 건물에너지 기술개발의 필요성과 함께 현 시점에서 에너지 다소비형 건물에 대한 에너지손실을 보다 효과적으로 줄일 수 있는 방안이 모색될 필요가 있다. 특히 지금까지 개발된 기술 가운데 보다

효율적으로 건물 에너지절감을 달성할 수 있는 실용적 기술에 대한 종합적인 체제 정비와 상용화 촉진 방안이 절실한 실정이다. 이는 지구온난화 온실가스의 발생원 중 80% 이상이 에너지소비에서 발생하고, 건물 에너지소비의 80% 이상이 신축 이후 냉난방 및 전기설비 등을 운영하는 과정에서 소비되기 때문이다.

한편 기술적 완성도가 높고, 성능이 우수한 고효율 기술이라 하더라도 경제성 측면에서 기존 기술 대비 초기 투자비의 급격한 증가가 발생하거나 현장 적용성과 장기 내구성 등에 대한 신뢰성이 충분하지 않을 경우 우리나라 건설 산업의 보수성에 기인하여 상용화가 추진되지 않는 사례는 그동안 상당수 있었다.

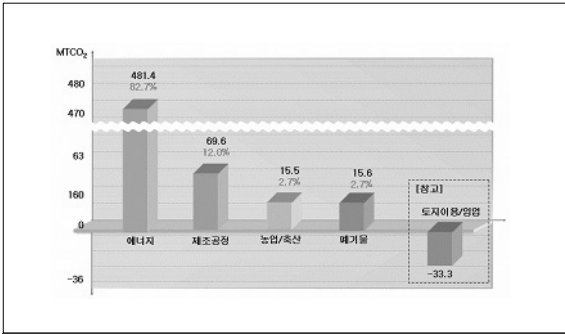
이에 본고에서는 고유가가 지속적으로 유지되는 현 상황에서 에너지 다소비형 커튼월을 대상으로 고효율 기술을 발굴하고 객관적 성능평가를 통해 보급 확대 방안을 모색하고자 한다.

❖ 2005년 최종 에너지소비 전년대비 3.7% 평가 : 172.1백만 TOE



[그림 1] 국내 부문별 에너지소비 특성

※ 자료출처 : 에너지관리공단 2005년도 에너지소비 통계자료

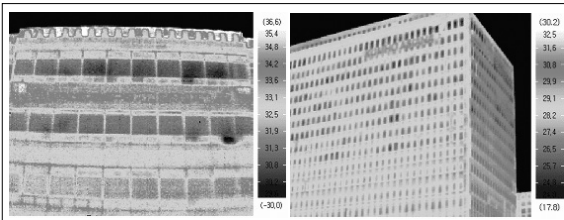


[그림 2] 국내 온실가스의 산업별 배출 현황( '05 기준)

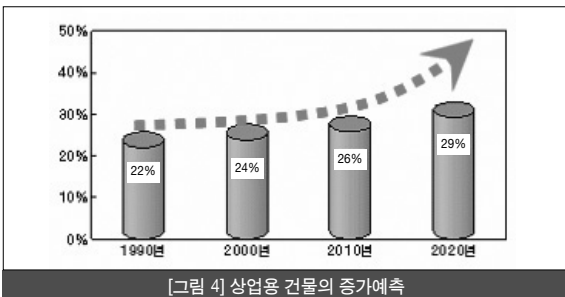
※ 자료출처 : 산업자원부, 기후변화협약 대응을 위한 중장기 정책 및 전략 수립에 관한 연구

## 2. 에너지 다소비형 커튼월의 개선 필요성

건물에서 창호는 가장 큰 열손실을 발생시키는 부위로서 에너지효율화의 우선 검토 대상이다. 이러한 이유로 2008년 1월 에너지절약설계기준 개정에서 창호 부문의 단열성능은 건물용도별로 12%~20%까지 대폭 강화된 바 있다. 그러나 실제 건물에서 외피면적당 창호 비율은 지속적으로 증가하고 있는 추세이며, 특히 에너지다소비형 건물인 초고층 건물과 대규모 건축물의 경우 대부분 커튼월 구조를 취하고 있어 근본적으로 취약한 에너지소비 특성을 지닌다.



[그림 3] 커튼월 외피에서 창호부문의 냉방 에너지손실 사례 (실내 냉방시 유리부위를 통한 냉방에너지 손실)



[그림 4] 상업용 건물의 증가예측

커튼월 외피구조는 시공성과 경제성, 짧은 공사기간, 디자인, 유효 공간 확보 등 여러 장점을 지니고 있기에 우리나라를 비롯한 대부분 주요 선진국에서 건물의 일반적인 외피구조로 정착되고 있다. 그러나 커튼월은 그 구성 소재 즉, 넓은 유리 면적과 강재 구조물 등의 열전도 특성으로 인해 냉방기간 동안 일사에 의한 냉방에너지 증가의 근본적 원인을 제공하며, 난방기에는 실내 열이 창호를 통해 손실되는 원인을 제공한다. 따라서 커튼월은 유가 상승과 화석 에너지소비로 인한 환경문제가 이슈화됨에 따라 건물의 냉난방 에너지를 절감할 수 있는 보다 다양한 새로운 기술적 접근이 매우 필요하며, 이를 통해 외피를 포함한 건물 에너지성능이 시급히 개선될 필요가 있다.

## 3. 융복합에 의한 시너지효과

건물에서 에너지절감이 지닌 파급효과와 그 필요성에 대해서는 국내는 물론 대부분의 선진국에서 오래전부터 강조되어 왔다. 이에 실제 건물의 에너지소비를 현행 대비 30% 이상 절감할 수 있는 다양한 요소기술은 상당수 개발되고 있거나 이미 상품화되어 있다. 그러나 우리 건설현장에서 이들 신기술의 보급 이행율은 매우 낮은 것이 현실이다. 따라서 산업 경쟁력을 벗어나 국가 경쟁력에 직접적 영향을 미치는 고유가와 온실가스 감축과 관련한 국제협약의 이행이 당면 과제로 다가온 시점에서 이들 에너지 절약적 요소기술의 보급 이행율이 낮은 이유에 대해 분석하는 것은 새로운 기술 개발 이상의 중요한 이슈가 될 수 있다.

낮은 보급 이행율을 지닌 에너지 절약적 요소기술의 첫째 요인은 경제성이라 할 수 있다. 즉, 우수한 기술이라 하더라도 건설 환경의 구조 특성(건설 주체와 운용 주체의 이원화 구조, 초기 투자비 증가에 대한 부담 등)과 경제성 측면에서 단기간 충분한 경제성을 확보하지 못하는 기술은 보급 이행율이 낮을 수밖에 없다. 이 경우 대부분의 해당 기술은 법적 의무화제도가 시행되기 전까지 자발적으로 채용되는 사례가 매우 적다.

둘째, 기술적 측면에서의 완성도이다. 즉 우수한 기술이라도 현존 기술을 100% 그대로 대체하지 못하여 다소의 추가 공정이 발생하면 추가 공정에 따른 기술적, 성능적 내지 장기 안전성 측면에서의 부담이 새로운 기술의 보급화에 걸림돌이 될 수 있다. 즉 새로운 기술이 지닌 기술적 완성도는 이러한 일련의 프로세스를 전체적으로 포함하지 않는 이상 보수적 성향의 현장에서 요구하는 목표

수준을 만족하기 어렵다. 기술적 완성도는 세 번째 요인과 연관성이 있다.

셋째, 선행 사례를 통한 신뢰성 부문에서의 충분한 검증 절차라 할 수 있다. 즉, 기술적 완성도를 포함하여 외국에서 보편화된 기술 내지 일정 이상의 대규모 실물 시범화 적용사업을 통해 개발기술의 성능과 안전성을 충분히 검증하지 않는 이상 우리의 건설시장에서 신기술에 대한 적용은 그 만큼 많은 시간과 검증과정과 경제적 비용 지출을 수반하게 된다. 이러한 과정에서 우수한 에너지 기술이 실제 보급되지 않거나 사장되는 사례는 적지 않았다.

한편, 보급이행율의 관점에서 이러한 건설시장의 특성을 고려할 때 요소기술간 융복합에 의한 시너지효과는 상당한 의미를 지닌다. 그동안 건물에너지를 절감하기 위한 기술개발은 각각의 개별 요소기술에 집중되어 왔다고 할 수 있다. 즉, 외피에서 벽체의 경우 전도열 손실 방지를 위한 단열성능 향상에 초점을 두고 각종 기술이 개발되어 왔으며, 창호의 경우 소재와 시스템이 각각 열저항과 기밀성능 내지 기능성 향상을 중심으로 개발되어 왔다. 차양시스템은 최근 일사 차단에 의한 냉방부하 저감을 목적으로 비교적 단기간에 집중적인 기술개발이 이루어져 왔으나 외피를 구성하는 다른 요소기술 내지 성능과의 기술적, 설계적, 성능적 융복합은 사실상 전무한 실정이다. 따라서 외피를 구성하는 각각의 요소기술에 대한 에너지 절약적 기술성과는 이제 어느 정도 선진화 수준에 이르렀다고 할 수 있으나 상기의 장애요인, 즉 경제성, 기술적 완성도, 신뢰성 등의 측면에서 결국 대중적 실용화 정도는 그리 높지 않은 것이 현실이다. 따라서 건물 에너지 효율화를 위한 요소기술의 실용화 및 상용화를 촉진하기 위해서는 종래의 단위 요소기술에서 요소 기술간 융복합 내지 융복합 기술간의 다중 융복합을 통해 건물로의 통합성을 높이고, 특히 성능과 기능의 종합적, 실질적 향상

을 검증 및 개발할 필요가 있다. 또한 융복합 기술은 모듈화 된 구조를 취함으로써 다양한 건물 용도와 기능에 따라 각 필요 요소기술의 접목이 용이하도록 개발할 경우 새로운 시장진입과 창출에 상당한 시너지 효과를 얻을 수 있다고 할 수 있다.

#### 4. 커튼월 관련 기술의 융복합 · 모듈화

##### ○ 국내 기술 현황

최근 건축물은 대형화, 고층화의 추세에 있으며 이에 다양한 외벽 System이 개발, 적용되고 있다. 그러나 최적의 관점에서 적절한 단열 및 기밀공법이 미흡하며 단열재 두께를 증가시키는 방법 외에 실질적인 냉난방 부하 저감과 에너지절감을 구현할 수 있는 기술은 아직도 부족한 실정이다. 특히, 건물 외부 디자인과 공간 활용, 시공성 등의 장점으로 대중적 시스템으로 정착한 커튼월은 다음과 같은 현실적 문제점을 포함하고 있다.

- 일사에 의한 과도한 냉방부하 발생으로 건물부문의 에너지 다소비 촉진
- 자연환기 기능의 미흡으로 인해 실내 공기환경 악화 내지 환기 관련 동력손실 발생
- 내부 결로 발생에 대해 근본적으로 취약구조
- 결로 발생으로 인한 합습과 건조과정 반복에 따른 전도성 단열재의 열성능 저하

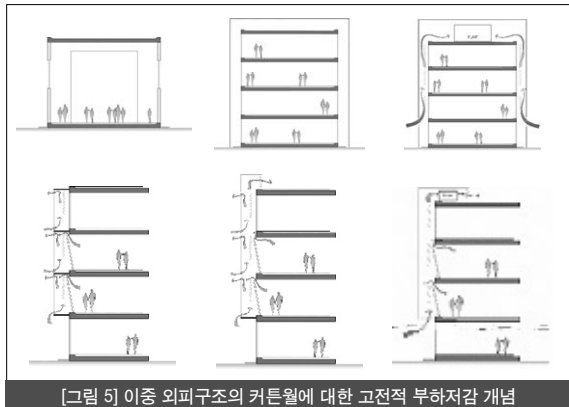


[그림 6] 커튼월의 내부구조 및 열손실 일례

##### ○ 국외 기술 현황

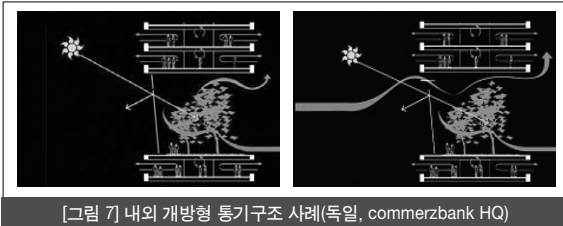
종래 통기구조를 이용한 외국 사례로는 프랑크푸르트의 Commercial Bank와 영국에서 BRE의 바닥 슬라브 통기구조 등의 예를 들 수 있으나, 프랑크푸르트의 예는 외벽부에 적용된 단열구조가 아닌 공조 덕트용으로 사용하고 있으며, 영국의 경우도 바닥을 이용한 단순 통기구조를 적용하고 있다.

최근에는 가변형 차폐유리, 고반사 유리, 유효열 활용 등 능동적 부하저감 기술(Dynamic Insulation)의 개발이 추진되고 있으며,



[그림 5] 이중 외피구조의 커튼월에 대한 고전적 부하저감 개념

초진공 단열재 등 고성능 단열재 개발이 진행되고 있다. 다만, 국외 사례에서도 고층 건축물의 커튼월시스템에서 외피 요소기술 간의 융복합 내지 외피와 공조, 조명, 환기 등의 관련 요소기술간 융복합 및 모듈화에 대한 상용화 사례는 미흡한 실정이다.



### 5. 융복합 기술을 통한 에너지절약형 커튼월 외피구조

○ 선진 외국의 사례에서 보듯이 에너지 다소비형 커튼월 외피구조에 대한 에너지 절약적 대응 기술은 다양하게 발전하고 있다. 그러나 우리나라의 건설 환경과 기술수준 등을 고려하고, 특히 초기 투자비에 대한 경제적 부담을 줄이는 현실적 방안은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- 1) 단열성능이 낮은 유리를 로이유리를 포함한 고반사 유리 등 고성능 유리로 교체하는 방안
- 2) 여름철은 외부에 일사를 차단하는 차양을 설치하는 방안
- 3) 오전이나 늦은 오후와 같이 외부 공기의 온도가 낮을 경우 적극적으로 환기하여 실내 열을 배출하는 방안
- 4) 창틀의 경우 열전도가 좋은 금속 창틀은 기본적으로 열차단재를

넣는 구조로 하며, 구조적 강도를 확보할 수 있는 범위에서 열전도가 낮은 재료와 복합구조로 창틀을 만드는 방안

- 5) 건물에서 창호와 벽체 사이 등 접합부위에 대해 보다 기밀시공을 하는 방안
- 6) 유리 외의 벽체에는 보다 우수한 단열재를 사용하여 열손실을 방지하는 방안
- 7) 이중외피 구조 또는 통기구조로 유리창과 벽체를 구성하여 열손실을 차단하는 방안

○ 상기 각각의 기술들은 전혀 새로운 기술이 아니며, 에너지절약 방안으로 각 요소기술을 채택하는 것은 경제성 측면 외 기술적인 문제점이 큰 부담으로 발생하지 않는다. 따라서 언급한 각각의 고효율 요소기술을 건물에 적용할 때 충분한 경제성을 확보하기 위해서는 위에서 언급한 요소 기술 간의 융복합을 통해 에너지절감 효과의 극대화를 유도할 필요가 있다. 융복합한 요소기술들의 주요 사례를 정리하면 다음과 같다.

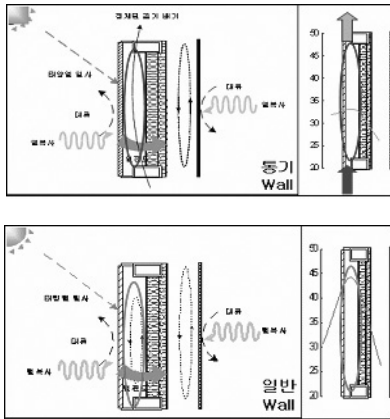
- 1) 난방과 냉방부하 통합 저감기술 : 기능성 유리, 외기냉방, 환기, 유효열 활용기술 및 열전도저항/복사열 차단구조 통합기술
- 2) 이중 외피(double skin) 또는 통기구조의 공기유동 특성을 공조와 환기시스템에 연계하여 근본적으로 외피 냉방부하를 저감하는 기술
- 3) 유리부문의 가변 능동형 차폐성능 향상 및 고반사 기능 부여로 방위별, 부하 발생에 따른 능동적 일사부하 차단 기술
- 4) 종래 단순한 일사 차단기능을 수행하는 차양시스템에서 외피의 부하를 능동적으로 저감할 수 있는 유리 부문 및 통기구조와 연계한 차양기술

○ Wall 부문의 냉난방부하 통합저감 기술  
 기존 적용되고 있는 전도 저항성 단열재에 비해 열전도저항이 15% 이상 향상된 신수요 단열재를 채용하고 여기에 복사열을 차단기능을 목적으로 개발된 방사율 0.03 이하의 일체형 저방사율 박막을 융복합하여 대류 열전달저항 효과를 활용하는 통기구조의 외피기술이다. 기존의 전도 열손실만을 고려한 획일적인 단열공법에서

탈피하여 대류/복사 등도 함께 고려하는 능동형 외피시스템 기술이며, 궁극적으로 외피에 대해 동적(가변) 단열기능을 부여한다.

즉, 모듈타입의 Wall 일체형 통기구조 기술은 대류를 이용한 냉방 부하 저감이 가능하며, 특히 외기냉방의 활용을 극대화하여 각각의 요소기술의 융복합·모듈화를 구현한다. 핵심기술은 다음과 같다.

- 구조체 등을 이용한 기밀/통기구조
- 디테일 설계 및 시공을 통한 유닛 모듈화 기술
- 통기와 외기냉방/환기설비 연계기술

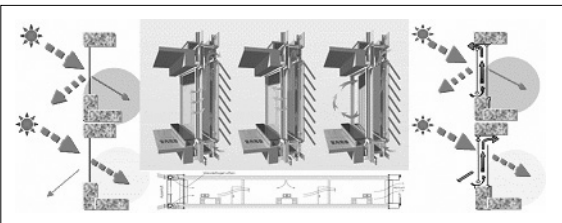


[그림 9] 모듈 타입의 Wall 일체형 통기구조

○ 모듈타입의 Window 일체형 통기구조

외기냉방의 활용을 극대화하여 실내 환기, 구조체 및 조명부하 저감기술을 연계한 융복합기술로 최대 냉방부하 30%, 난방부하 10% 저감을 목표로 한다. 핵심기술은 다음과 같다.

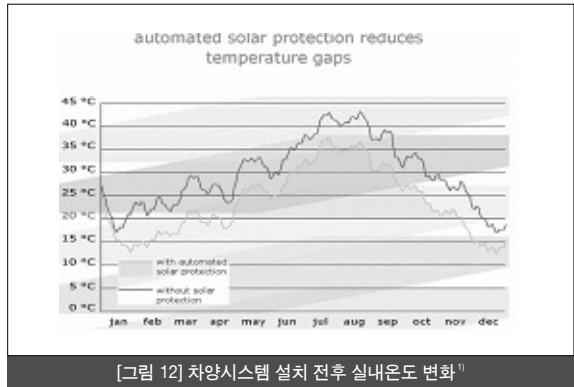
- 환기설비/차양설비 연계 및 제어기술
- 멀리언을 활용한 기밀/통기구조
- 고정창/개폐창 디테일 설계 및 시공기술
- 부하변동에 대한 가변형 수직/수평 존 제어기술
- 유닛 모듈화 기술



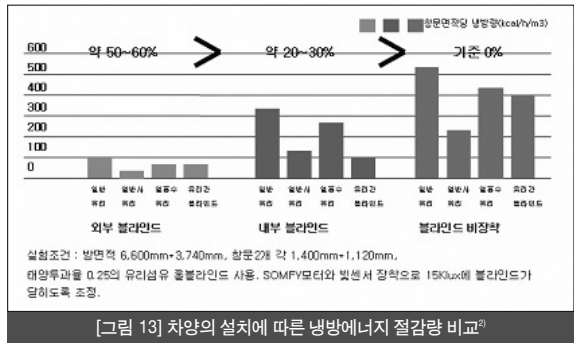
[그림 10] 모듈 타입의 Window 일체형 통기구조 일례



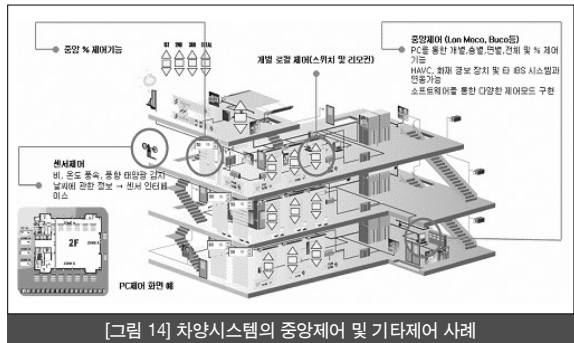
[그림 11] 커튼월 부착형 환기시스템 일례



[그림 12] 차양시스템 설치 전후 실내온도 변화<sup>1)</sup>



[그림 13] 차양의 설치에 따른 냉방에너지 절감량 비교<sup>2)</sup>



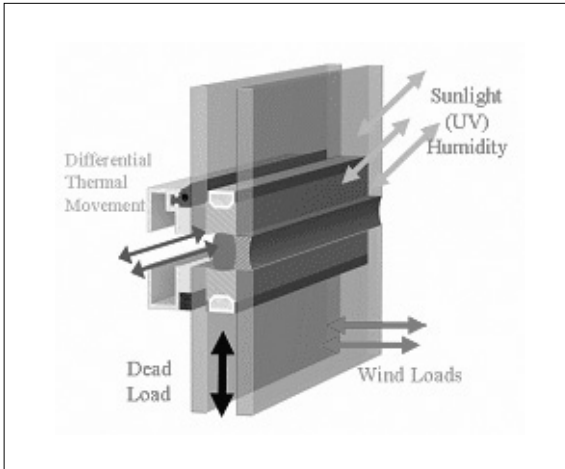
[그림 14] 차양시스템의 중앙제어 및 기타제어 사례



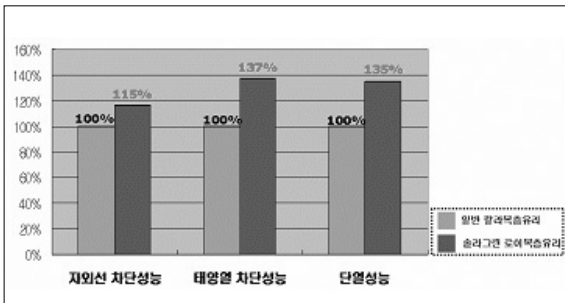
○ 고기능성 유리 및 프레임 기술

기존 저방사 유리에 비해 보다 낮은 저방사율의 고효율 유리를 채용하여 일사 투과율을 낮춘 차폐특성을 지닌다. 여기에 비금속계와 금속계의 복합 프레임 기술을 융복합하여 구조성과 단열성을 향상시킨다. 핵심기술은 다음과 같다.

- 보급형 고반사 박막 코팅 기술
- 고효율 로이유리 성능 최적화 구성
- PVC 커튼월형 복합 프레임 시스템



[그림 15] 고성능 유리 및 프레임 일례



[그림 16] 고기능성 유리의 주요성능 비교 일례

○ 접합부 기밀 및 단열성능 향상 디테일

커튼월은 각 접합부위의 내구성과 외부환경 변화에 따른 열팽창 및 수축 등에 저항성을 갖는 디테일 소재 및 설계기술이 중요하다. 우수한 공법과 자재라 하더라도 접합부의 성능이 낮을 경우 전체 건물외피의 에너지성능은 현저히 낮아질 수 있다. 아래 사진은 접합부 내지 사춤공간에 튜브를 삽입하여 충전하는 2액형 고단열 사춤공법의 사례를 보여준다.



[그림 17] 튜브형 고단열, 고기밀 사춤공법 사례

6. 결론

본고에서는 에너지 다소비형 커튼월에 대한 현재 기술수준과 개발 정도를 살펴보고 현실적으로 적용 가능한 요소별 융복합 기술에 대해 적용 가능성을 살펴보았다. 본고에서 제안하는 요소기술 및 융복합기술을 적용할 경우 최대 30%의 건물 냉난방 에너지절감 효과가 예상되며, 동시에 보다 우수한 경제성을 확보할 수 있을 것으로 기대한다. S

참고문헌

1. E.Oesterl, R.Lieb, M.Lutz, W.Heusler, 1999, "Double-Skin Facades", Prestel press.
2. 건설산업정보, 2003, "창호기술총람", (주)건설산업정보
3. 한국의 창호시장, 회고와 전망, 2004, 월간 창호
4. KS F 2296:1999, 창호의 내풍압성 시험 방법
5. BRE Environment(2005), Ventilation, air tightness and indoor air quality in new homes
6. 이승연 외, 건축물의 LCA를 위한 원단위 작성 및 프로그램 개발 연구 -LCA기법에 근거한 친환경 건축물 평가방안 구축-, 사단법인 한국전과정평가학회, 2005년 정기 총회 및 학술 연구논문 발표회 연구논문집, 2005.11.
7. 최경석 외, 건축물 벽체 우각부의 표면온도 예측에 관한 연구, 2003년 대한건축학회 추계학술발표논문집, 대한건축학회, 2003.10.
8. 강재식 외, 자연형 환기 창호시스템의 환기성능에 관한 실험 연구, 2007년 생태학회 학술발표논문, 생태학회, 2007.06

본고는 지식경제부, 에너지관리공단 2007년 에너지자원기술개발사업, 통합운영 저에너지 연구단의 제2과제 "에너지 환경 대응형 복합외피 창호/공조시스템 기술개발" 연구의 일부입니다.