

# 다양한 기후조건에 대응하는 이중외피시스템 개발에 관한 실험적 연구 Experimental Study on Developing of Double Facade System dealing with the various climatic Conditions

이 건 호\*      김 현 수\*\*      장 대 희\*\*\*      문 수 영\*\*\*  
Lee Keon-ho,   Kim Hyeon-soo,   Jang Dae-hee,   Moon Soo-young

## Abstract

Every site has a different given geometrical and climatic condition, which influenced not only the lifestyle of the humanbeings but also the regional architecture. For example, on a cold region, the reduction of the energy loss is necessary, like an igloo, which has a littlest energy loss at hemisphere. Or on a warm region, the house must be protected thermally from the overheating at the sunshining, like a huge shading. An architectural interpretation in the (extreme) moderate climate, like Korea, has always tried to satisfy the both opposite demands simultaneously. A facade, which divides out- and inside, has an ideal position to lead the regulated regional climatic conditions into the room. The Double Facade System(DFS) is well known as an innovative solution in the european countries, like Germany. It provides an reasonable alternative, which can achieve these goals at the same time. A Double Facade System provides an effective sunshade, which means a cooling energy reduction at the warm season. In addition, it enables a natural ventilation at the cold season with the preheating at the system as well as spring and autumn. An ordinary Single Facade System with a inside or outside sun blind provides a solution just for a specified season, like a summer or winter. But the Double Facade System can deal with the various climatic conditions in the moderate climate.

키워드 : 친환경과사드, 이중외피, 자연환기, 냉난방에너지 절감,

Keyword : Double Facade System, Natural Ventilation, Reduction of cooling and heating energy

## 1. 서론

### 1.1 필요성<sup>1)</sup>

건물의 외피는 외부와 내부를 결정하는 요소로서 특히 외부의 환경조건을 내부로 적합하기에 매우 이상적인 위치를 가지고 있다. 불투명한 부분인 벽면부는 제외하더라도 투명한 창호부는 이미 일사를 유입시키며 또한 필요에 따라 이를 제어하기에 매우 중요한 역할을 담당하고 있다. 하지만 현재 건물에 있어 가장 열적인 취약점을 가지는 부분이 바로 창호부분으로 여기에서의 열손실은 가장 높다. 특히 공동주택에서 무분별하게 시공되는 창호부에서 열손실은 심각하며(그림 1 좌), 최근 선진국에서는 창호부를 통한 열손실의 문제에 적극 대처하기 위해 열성능을 0.8 W/m<sup>2</sup>K 수준으로 월등히 개선하는 노력을 시도하고 있다. (그림 1 우)

특히 이 투명성(transparency)은 고층화되고 있는 현대건축을 가장 이상적으로 표현하고 있다. 유리박스로 된 고층건물은 지역적으로는 랜드마크적인 역할을 할 뿐 아니라 기업의 상업적인 도구로서 활용되어 부가적으로는 브랜드이미지를 향상시키는 효과를 창출시킨다.

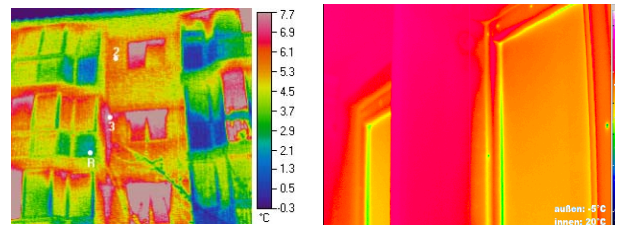


그림 1. 국내 공동주택 및 독일 Passive house 내부 창호부 적외선카메라 촬영결과<sup>1)</sup>

하지만 특히 고층사무실은 이미 내부발생열이 높음과 동시에 내차양이 설치되며 주변에 장애물이 없을 경우 일사에 무방비로 노출되어 때로는 난방기조차도 냉방이 필요로 할 정도의 높은 냉방부하가 발생한다. 최근 독일에 지어진 24개의 유리 파사드 건물에서의 프리미어 에너지 소비를 측정 한 결과 300~700 kWh/m<sup>2</sup>에 이른다고 보고되었다.<sup>2)</sup> 이 값의 수준은 단열이 전혀 되지 않은 노후된 건물에서의 에너지소비보다 높으며, 결국 이런 움직임은 친환경건축 또는 에너지절약형 건축의 실현이라는

\* 정회원, 한국건설기술연구원, 건축연구부, 선임연구원

\*\* 정회원, 한국건설기술연구원, 건축연구부, 수석연구원

\*\*\* 정회원, 한국건설기술연구원, 건축연구부, 연구원

1) 종합진단 보고서, 노후·불량주택 재건축 진단, 한국건설기술연구원, 2003 및 [www.passiv.de](http://www.passiv.de)

2) M. Schulz, Bautechnik, Leben im Schwitzkasten, Der Spiegel 47/2004, <http://www.spiegel.de/spiegel/0,1518,327749,00.html>

최근의 동향에 역행하고 있다고 해야 하겠다.

또한 높은 풍압이 존재하는 고층건물에서의 창개방과 재실자의 쾌적함의 문제가 대두되고 있으며, 특히 자연환기라는 측면에서 기계식환기만 적용된 건물에서 이에 대한 심각성은 보다 두드러진다. 창개방이 허용되지 않고 기계식 환기만이 제공되는 건물에서 Sick Building Syndrome<sup>3)</sup> 및 Tight Building Syndrome<sup>4)</sup>의 발생은 심각한 수준에 이르고 있다. 자연환기가 불가능한 건물에서 거주자 불편 호소율이 평균 40% 정도로 높게 나타나고 있는 반면, 자연환기가 가능한 건물에서는 그 확률이 평균 25% 이하로 감소하였다.<sup>5)</sup> 결국 자연환기가능성의 확보는 추가적 에너지 소비없이 재실자의 쾌적개선과 건강유지에 충분히 기여할 수 있다는 가능성을 보여 주고 있다.

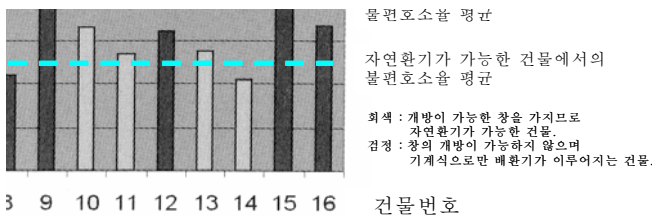


그림 2. 거주자들 불편 호소율<sup>5)</sup>

이런 자연환기 가능성의 감소뿐만 아니라, 이와 함께 특히 고층부에서의 일사에 대한 노출은 난방기의 일사활용에는 효과적이지만 이미 중간기를 접어들면서 그리고 냉방기에 이르기까지 내부의 냉방부하를 조절하기에 한계를 가진다. 특히 일사를 효과적으로 제어하기 위한 틀이 제공되어 지지 못함으로 이로 인한 내부의 냉방부하는 급상승하게 되어 재실자의 쾌적성감소 뿐만 아니라, 냉방에너지 소비가 급격히 증가하게 된다. 이런 맥락에서 고층건물에서 일사를 효과적으로 차단하여 에너지소비의 측면에서 매우 효과적인 대안을 제공할 뿐만 아니라 높은 풍압에 노출된 고층부에서 자연환기가 어려운 상황에 효과적으로 대처할 수 있는 이중외피 (Double Facade System)은 새로운 대안을 제시하였다. 이는 냉난방에너지 소비의 절감뿐만 아니라 연간 유효 자연환기 가능시간을 기존창호는 44%인 반면 이중외피는 79%까지 높일 수 있는 것으로 알려져 있다. 이는 특히 난방기 중에 외기온도가 낮으면 기존창호에서 자연환기가 어려운 반면 이중외피에서는 예열에 의해 자연환기효과를 극대화할 수 있기 때문에 난방기 중에 자연환기는 더욱 효과적이다. 특히 에너지적인 측면에서 냉방기에는 일사유입을 최소화하여 실질적인 에너지관류값을 최소화하도록 노력하

3) 밀폐된 공간에서 발생하는 재실자의 안구건조증 및 두통 등 병적 증세를 일컬어 SBS로 함  
 4) 잘못된 설비설계에 의해 발생하는 재실자의 병적 증세를 일컬어 TBS로 함  
 5) Boris Kruppa, Untersuchungsergebnisse der ProKlima-Felduntersuchung, Raumklima in Buerohauesern, 21. Internationaler Velta Kongress' 99, Tirol, 1999

며, 반대로 난방기에는 일사유입을 최대화하여 에너지관류값을 최대화하는 매우 상반되는 대응이 동시에 요구되는 국내와 같은 기후여건에는 그 필요성이 증대한다.

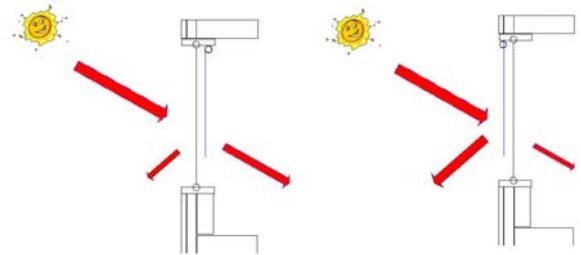


그림 3. 싱글외피 적용시 차양이 에너지관류에 미치는 영향, 내부차양 적용시(좌), 외부차양 적용시(우)

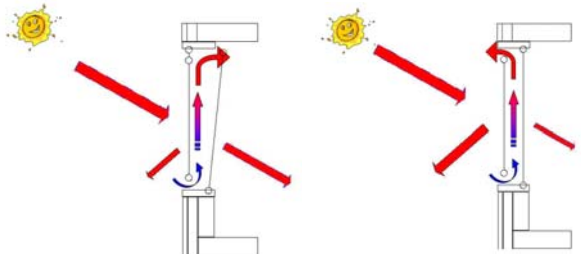


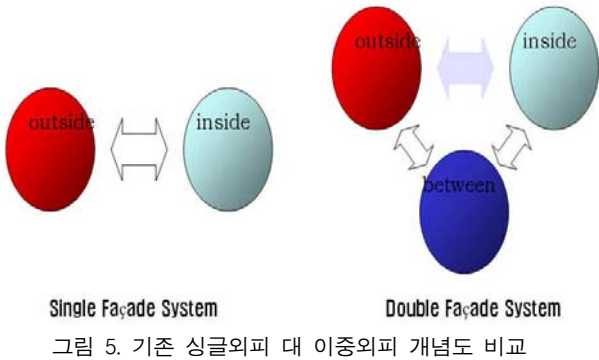
그림 4. 이중외피 적용시 차양이 에너지관류에 미치는 영향, 난방기 (좌), 냉방기 (우)

## 1.2 연구목표 및 내용

한국건설기술연구원은 기본과제 “복합기능 생태적 건물외피 조성기술개발”에서 국내에서 보편적으로 적용 가능한 이중외피 대안을 제시하고자 하였다. 주요 적용대상은 공동주택이지만, 특히 높은 풍압으로 인해 자연환기가 어려운 초고층의 주상복합건물이나 일반 사무공간에서 활용도가 높도록 각층별로 원활하게 적용 가능한 유닛형 이중외피시스템으로 개발되었다. 현재까지 국내에서 적용된 시스템들은 중공층 폭이 1000mm 내외의 시스템이었으므로 외벽기준의 설정이 어려워 법적 문제발생가능성이 높을 뿐만 아니라, 넓은 폭으로 인해 경제적인 측면에서도 다소 불리하였다. 이런 근본적 문제에 대응하기 위하여 본 대안은 기존의 외벽부에 적용가능성을 최대화하기 위해 200mm이내에서 적용가능한 대안으로 개발되었다.

이를 위해 현재 선진국에서 개발된 다양한 시스템들의 기술동향을 분석하여 보다 국내기후여건과 시장여건에 맞는 대안을 개발하였다. 개발한 대안을 기존의 싱글외피와 비교실험할 수 있는 실험구를 만들어 동시에 가동하였다. 이를 통해 실제 기상조건하에서 에너지적인 그리고 자연환기라는 측면에서 기존 싱글외피에 대비해서 이중외피가 가지는 특성을 분석하고자 하였다. 두가지 관점에서 장기적 시간이 소요되는 본 실험은 2004년09월 이후 가동되었으며, 지난 혹한기를 거쳐 현재 지속적인 모니터링 중에 있다.

## 2. 국내외 기술동향



90년대 중반 프랑크푸르트 상업은행건물에서 최초로 이중외피가 초고층건물에 실현되고 난 이후 독일을 중심으로 이중외피는 혁신적 파사드의 전형으로 자리 잡게 되었다. 창호 레이어가 2배로 증가한 것 이외에는 개념적 기술적인 측면에서 큰 변화가 없었지만, 이를 응용한 활용의 잠재력은 창호 분야에서의 큰 가능성을 열어주었다. (그림 5 참조) 현재 베를린은 2002년 기준으로 불과 5-6년 사이에 약 20개가 넘는 대형프로젝트에서 이중외피가 적용되었으며, 독일전체로 보면 이보다 훨씬 많은 프로젝트가 실현되었다. (그림 6 참조) 이제 이중외피는 보급화를 지나 현재까지 발생한 차움효과, 환기성능 저하 등의 문제에 보다 적극 대처하여 현재 성숙기에 접어들고 있다. 이는 냉난방기라는 양면적인 기후조건에 효과적으로 대응할 수 있는 보편타당한 기술로서 인정되는 대안이다.



그림 6. 국외 적용 사례 사진

90년대 중반에 접어들면서 이중외피에 대한 관심고조로 국내에서도 다소의 건물에 이중외피가 적용되었다. (그림 7 참조) 대우기술연구소 및 한국에너지기술연구원

등이 그 실례이며, 여기에서 적용된 그리고 현재 시공되고 있는 이중외피의 경우도 건물의 전면이 하나의 중공층으로 연결되는 이 전면형(whole type)이중외피의 한계를 벗어나고 있지 못하다. 이런 유형의 장점은 차움성능 확보에 유리하지만, 하나의 중공층이 3~5개층으로 연결되기 때문에 자연환기시 재실자의 쾌적함에 부정적인 영향을 미친다는 단점이 있다. 냉난방기에 상관없이 외기유입구가 있는 최하층에는 자연환기상의 문제가 다소 크게 작용하지 않으나, 상부층으로 갈수록 하부층의 배기가 내부로 재유입될 가능성이 높아짐으로 재실자의 쾌적성이 급격히 떨어질 수 있다. 결국 모든 층에서 동일한 자연환기조건을 제공하기 힘들다는 의미가 되겠다. 특히 월평균기온의 차이가 유럽도시 베를린의 19.2K에 비해 서울은 28.3K로 그 차이가 뚜렷함으로(그림 8 참조) 보다 극단적인 기온차에 대응하기 위한 컨셉이 필요하다.



그림 7. 국내 적용 사례 사진

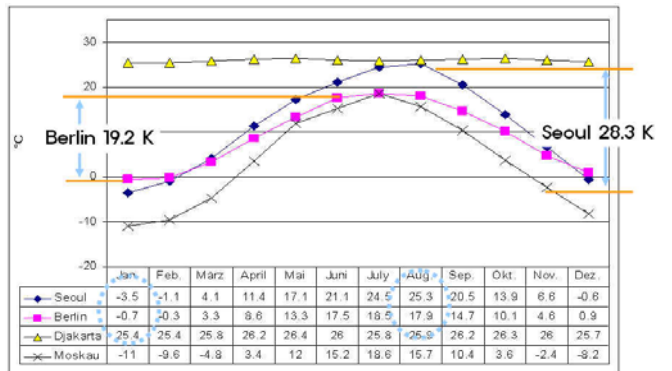


그림 8. 도시별 월평균기온차 비교

## 3. 프로토타입 개발 및 실험구 조성

2003년에 개발된 1차 프로토타입은 가장 현장에서 많이 활용되고 있는 슬라이딩 창호를 기반으로 개발하였으며, 2004년에는 tilt & turn 개념에서 시작한 2차 프로토타입을 개발하였다. 2004년7월말 2차 프로토타입을 한국건설기술연구원 환경실험동 옥상부에 3.6m×10m×3m(h)(외

6) 두 개의 레이어를 이용하여 중공층을 활용한다는 맥락에서는 이중외피시스템의 개념과 동일하지만 성능적 측면이 다소 차이가 있는 Airflow시스템

기적면형 실험구) 및 4.5m×10m×3m(h) (발코니형 실험구)의 2개 실험구를 제작하였다. 외기적면형 실험구는 내부에 3.6m(전면)×2.4m(깊이)×2.4m(높이)의 작은 챔브 두 개를 만들어 외기에 직접 면하는 공간에 적용되는 기존창호와 이중외피를 비교 실험할 수 있었다. 또한 발코니형 실험구는 발코니가 있는 넓은 거실과 같은 공간의 성능을 살펴보기 위하여 3.6m(전면)에 발코니부 깊이 1.2m를 반영하여 총 깊이 3.6m의 챔브를 구성하였으며, 이 때도 기존의 발코니부와 이중외피 발코니부와의 성능을 비교실험 할 수 있도록 준비하였다.

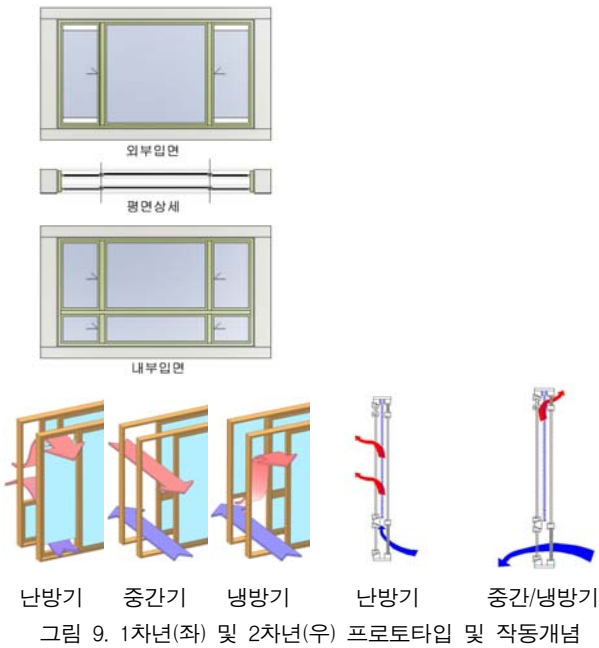


그림 10. 프로토타입 비교실험구, 발코니형(상), 일반형(하)

각 실험동에는 Eltek사의 64Ch 데이터로그 2기를 사용하였으며, 온도측정센서는 T-type 열전대를 사용하여 30분 간격으로 측정하였다. 일반적으로 열전대 적용시

표면이 일사에 의한 영향을 받게 되면 정확한 결과를 얻을 수 없기 때문에 본 실험에서는 측정부위에 은색으로 도색된 탁구공을 설치하여 구멍을 내어 그 중앙부에 열전대가 설치될 수 있도록 하여 일사에 의한 영향을 최소화하고자 하였다. Chamber내에 중간부와 그리고 측벽에서 약 500mm 떨어진 부분에서 창호부로부터 200mm, 1100mm, 2200mm 떨어진 위치에 1900mm스탠드를 세웠다. 이 스탠드에 높이 100mm, 400mm, 1100mm, 1700mm 되는 부분에 각각의 센서를 설치하여 총 18개소의 공기온도를 측정하며, 이와 함께 바닥면, 천정면, 후면, 측면, 전면(내외) 등의 표면온도를 측정하였다. 발코니부는 외측면 및 내측면에서 200mm 떨어진 곳에서 측정을 시도하였다. 이중외피의 중공층에 있어서는 하단의 외기 유입구, 상단의 유출구, 창호의 중간높이에서 블라인드의 내·외측에서의 공기온도를 측정하였다. 유리면 표면온도는 유리면의 내외측의 표면으로부터 얻었으며, 특히 외기온 측정은 2곳에서 실시하여, 1기는 은박지로 감은 상태에서 일사에 노출시켜 측정하며, 다른 1기는 직달일사가 가능한 센서에 영향을 미치지 않도록 실험동의 전면하단부에 간이로 구조물을 설치하여 응달이 진 상태에서 측정하도록 하였다. (그림 11, 12 참조)

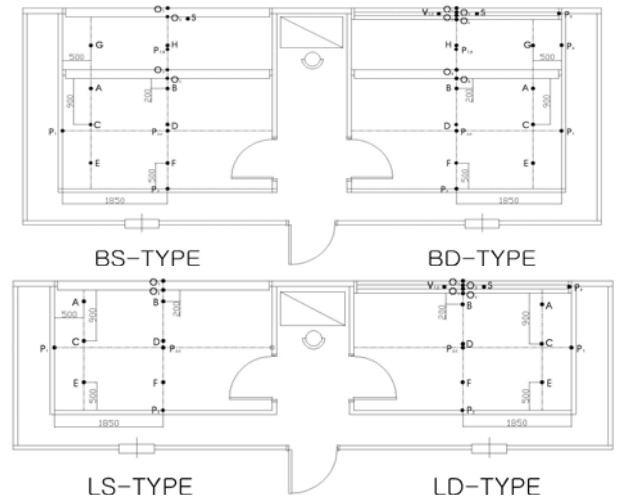


그림 11. 각 Chamber내의 계측Point [측정높이: 10cm, 110cm, 170cm]



그림 12. 실험실 및 센서설치 전경

4. 실험결과

4.1 중간기 실험

실험구는 9월초에 완공되어 후반부터 실험가동이 가능하였고, 이는 냉방기가 끝날 무렵으로 중간기 실험의 시작을 의미한다. 2004년09월24일 0:00~24:00까지 실험 2동 외기에 직접 면하는 공간의 실험결과를 살펴보았다. 개방되는 창호부가 있는 위치에서 높이 1100mm 측벽으로부터 500mm 떨어진 곳에서 창호로부터 0mm(창호표면), 200mm(A), 1100mm(C), 2000mm(E) 떨어진 위치에서, 그리고 A, C, E 지점에서 높이 0mm(바닥), 100mm, 1100mm, 1700mm 그리고 2250mm(천정)에 있어서의 일일 온도구배를 살펴보았다.

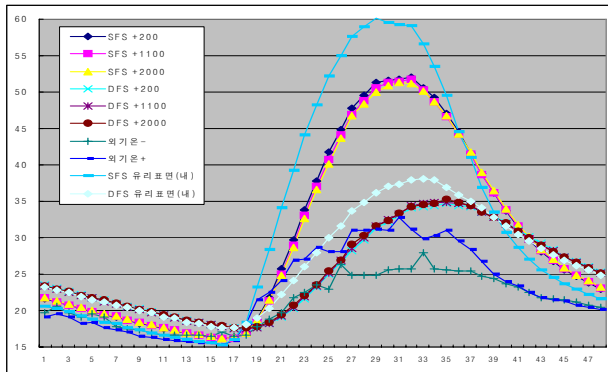


그림 13. 바닥면으로부터 1,100mm 높이에서의 24시간 온도(세로:°C)변화 P-A-C-E (2004/0924)

바닥면으로부터 높이 1100mm인 부분에서 창호부에서 후벽면까지의 수평면 온도구배를 살펴보면 싱글외피 유리면 내측표면 온도가 오후2시를 전후하여 최대 60°C까지 상승하였다. 반면 이중외피 내측표면온도는 최대 38°C에 이르러 약 22K의 온도차를 보였다. 또한 싱글외피의 실내공기온도는 오후3시경 최대온도가 평균 51~52°C까지 상승하였으며, 이중외피에서의 실내공기온도는 4시경 평균 34~35°C 까지만 상승하여 싱글외피 대비 약 17K 가량의 온도차가 발생하는 것을 살펴 볼 수 있었다. (그림 13 참조)

내부공간이 에어컨디셔닝이 가동되고 있다고 가정하며 창을 닫고 블라인드를 가동한 상태에서 9월28일 오후2시30분 유리면에서 후벽면으로의 온도구배를 나타낸 값이다. 싱글외피와 이중외피와의 내부공기의 온도차가 최소 15~18K까지 발생하였다. 물론 이는 실내 공간의 크기가 실제공간보다 작기 때문에 이의 결과를 현실에 그대로 반영하기는 어려움이 있다. 그럼에도 불구하고, 본 실험의 결과로부터 만약 26°C로 냉방을 가동한다고 할 경우 싱글외피에서는 48~53°C의 내부기온을 22~27K 낮추기 위한 냉방성능이 요구되지만, 이중외피에서는 34~36°C으로 8~10K 낮추기 위한 냉방성능만이 요구되는 분명한 차이를 보인다. (그림 14 참조)

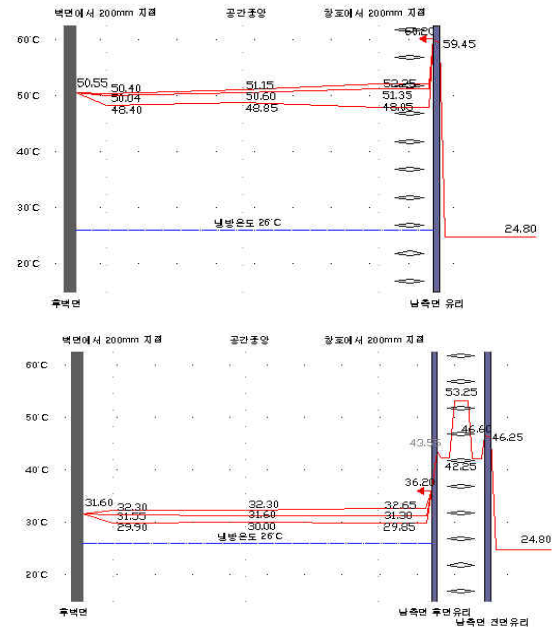


그림 14. 2004/09/28, 14:30, 후면 벽체표면에서 전면유리 표면으로의 온도구배, 기존싱글창호(상) 및 이중외피(하)

4.2 난방기 자연환기 실험

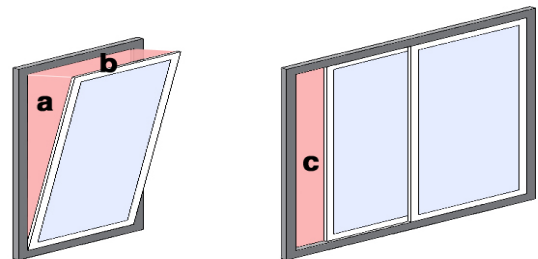


그림 15. Tilt & Turn창호(좌)와 Sliding창호(우) 개구면 비교

2004년12월22일 0:00부터 25일 24:00까지 4일 96시간동안 자연환기실험을 실시하였다. 자연환기는 외기유입량에 의한 매우 민감한 결과가 도출될 수 있으므로 이를 반영하기 위해 데이터는 1분단위로 측정하였다. 자연환기를 실시하여 창을 개방하게 되는 시각은 매일 오전 약 09시부터 오후 5시경까지였다. 창의 개방량의 변화에 따른 유량변화를 유도하여 이에 따른 자연환기성능을 비교하기 위하여 22일, 23일은 싱글 및 이중외피에서의 개방면적을 동일하게 유지하였으며, 24일에는 싱글외피의 개방면적을 이중외피의 개방면적보다 50% 줄여서 가동하였다. 표1은 자연환기실험을 실시한 3일간의 창호부 개방면적에 대한 전략과 시간대별 온도차를 비교한 값이다. 특히 여기에서 슬라이딩 창호와 tilt & turn창호와의 개방면적의 산정은 매우 중요한 변수가 된다. 기존의 Sliding창호가 적용된 싱글외피의 경우 개방면적은 창호의 개방폭과 높이의 곱에 따라 결정되어 지는 반면에 tilt & turn 창호가 적용된 이중외피에서 개방면적을 산정하는 것은 tilt시에 측면부에는 삼각형의 개방면적이 발생함으로 이를 계산에 반영하였다. 결국 그림에서 처럼

sliding창호에서는 C면이 개방면적으로 결정되지만 tilt & turn창호에서는 측면부(a)와 상단부(b)의 조합으로서 2a+b가 개방면적으로 결정된다. (그림 15 참조)

22일에는 싱글외피에서 높이 1700mm의 창호를 ca.15 mm 개방하였으며, 이중외피에서는 내창의 상부에 환기구만 개방하였다. 23일에는 싱글외피에서 195mm를 개방하였으며, 이중외피는 내창 하나를 tilt하였다. 24일에는 싱글외피는 95mm로 개방하여 그 유효개방면적을 22일 대비 50% 감소하였으며, 이중외피는 tilt로 전달과 같이 상태를 유지하였다. 25일에는 창호를 개방하지 않았다.

온도에 따른 실내의 쾌적도는 창호부 개방면적의 증가에 의해 많은 영향을 받게 된다. 통상적으로 공간내에서 높이 100mm vs 1,700mm에서의 온도차는 3K 이상을 넘어않도록 설계되어야 하며, 그 초과분이 증가할수록 인간은 더 많은 불편감을 느끼게 된다. 창을 미개방하였을 경우 내부의 쾌적도에는 큰 영향이 없지만, 22일 미세환기시 내부변화는 두드러지게 나타난다. 이미 싱글외피에서는 4.25K로서 불편감의 수준으로 넘어 갔고, 이 때 이중외피에서는 1.05K의 차이만을 보였다. 또한 이중외피 개방면적 대비 50%의 수준으로 싱글외피의 개방면적을 증가한 24일 싱글외피에서 상하단의 온도차는 7.70K를 보였다. 하지만 아직도 이중외피에서는 2.75K로 쾌적범위를 유지하고 있음을 알 수 있고, 싱글외피 개방면적을 이중외피와 동일하게 유지한 23일 싱글외피에서의 상하단 온도차는 8.70K 그리고 이중외피에서는 3.65K이 유지됨을 살펴볼 수 있었다. 특히 중요한 것은 싱글외피에서의 높이에 따른 온도구배에서 하단부는 그 온도가 11~12.75℃로서 매우 불편한 수준이 유지되고 있는 반면에 이중외피에서는 하단부 온도가 18.10~21.55℃로 쾌적범위를 유지하고 있음이 증명될 수 있었다. (표 1, 그림 16, 17, 18 참조)

표 1. 싱글외피 대 이중외피에서 창호로부터 200mm 떨어진 지점에서의 높이별 온도차 비교

측정시간 및 개방면적	높이	이중외피(d)	싱글외피(s)	온도차(d-s)
2004/12/22, 14:07 DFS 환기창 개방 SFS 15mm 개방	1700	12.75 ℃	16.30 ℃	-3.55 K
	1100	12.40 ℃	15.60 ℃	-3.20 K
	100	11.70 ℃	12.05 ℃	-0.35 K
	상하단 온도차	1.05 K	4.25 K	-
2004/12/23, 15:37 DFS tilt 개방 SFS 195mm 개방	1700	25.20 ℃	19.70 ℃	5.50 K
	1100	23.25 ℃	16.20 ℃	7.05 K
	100	21.55 ℃	11.00 ℃	10.55 K
	상하단 온도차	3.65 K	8.70 K	-
2004/12/24, 15:40 DFS tilt 개방 SFS 95mm 개방	1700	20.90 ℃	20.45 ℃	0.45 K
	1100	19.35 ℃	18.05 ℃	1.30 K
	100	18.10 ℃	12.75 ℃	5.35 K
	상하단 온도차	2.70 K	7.70 K	-
2004/12/25, 15:37 DFS 미개방 SFS 미개방	1700	24.70 ℃	31.75 ℃	-7.05 K
	1100	23.15 ℃	31.55 ℃	-8.40 K
	100	21.90 ℃	27.90 ℃	-6.00 K
	상하단 온도차	2.80 K	3.85 K	-

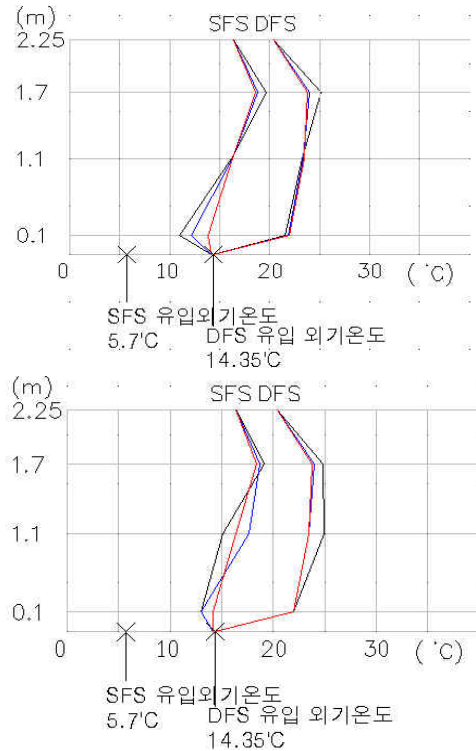


그림 16. DFS 창호1개 tilt 및 SFS 195mm 개방, 2004/12/23, 15:37, A-C-E(좌) 및 B-D-F(우), 검정라인 : A/B, 파랑라인 : C/D, 붉은라인 : E/F

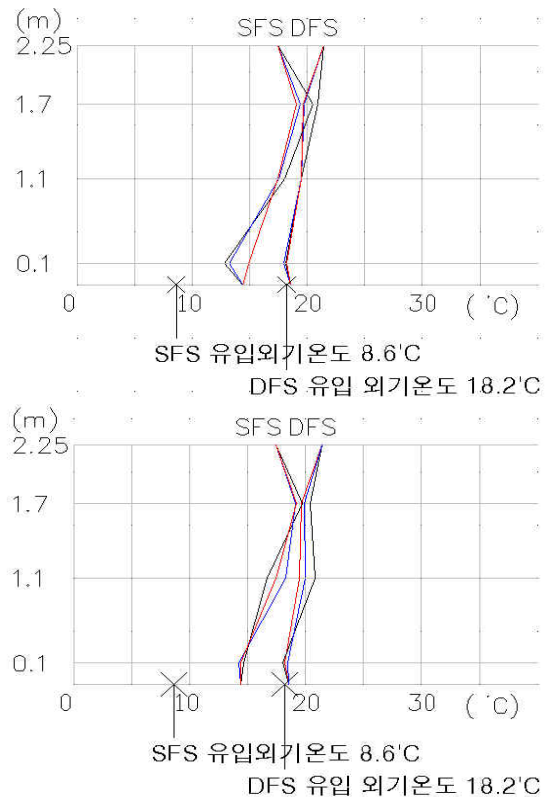


그림 17. DFS 창호1개 tilt 및 SFS 95mm 개방, 2004/12/24, 15:40, A-C-E(좌) 및 B-D-F(우), 검정라인 : A/B, 파랑라인 : C/D, 붉은라인 : E/F

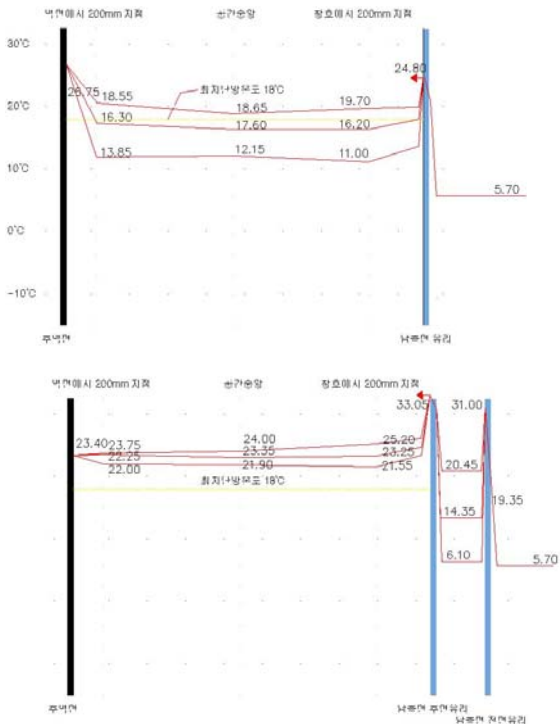


그림 18. 2004/12/23, 13:37, 기존 싱글외피(상) vs 이중외피(하) 온도구배비교, 후면벽표면- E-C-A-전면유리표면

그림은 난방기 중 자연환기시 공간의 깊이와 높이에 따른 온도구배를 보여준다. 외기온 5.70°C일 때 싱글창호에서는 창호개방시 5.70°C의 외기가 유입됨에 의해 공간의 하단과 상단의 온도차가 6~8K 이상으로 크게 나타났다. 반면 이중외피가 적용된 창호에서는 5.70°C의 외기가 유입되면서 일사에 의해 예열되기 시작하면서 중공층의 하단에 6.10°C, 중간높이(내창상부의 아랫부분) 14.35°C 그리고 중공층 상단부에서 20.45°C로 온도가 상승하는 것을 살펴 볼 수 있었다. 결국 이는 이중외피에서 내피의 개방시 내부로 유입되는 외기온도가 5.70°C이 아닌 14.45°C에서 결정되어 짐을 의미한다. 특히 이중외피에서 창 개방시 유입온도의 결정에는 일사의 세기가 결정적 역할을 하게 되며 이의 차이는 아래의 표로부터 이해될 수 있다. 외기온이 유사할 경우에도 이중외피의 유입온도는 6K가량 차이를 보일 수 있다. 이의 경우 일사량의 차이가 영향을 미쳤을 것으로 판단한다. (표 2. 참조)

표 2. 싱글외피 대 이중외피의 환기시 유입온도 비교

2004년12월	싱글외피 외기온	이중외피 중공층 기온	온도차
22일 14:07	3.5 °C	8.65 °C	5.15 K
23일 15:37	8.6 °C	18.2 °C	9.6 K
24일 15:40	5.7 °C	14.35 °C	8.65 K
25일 15:37	7.4 °C	23.15 °C	15.75 K

### 5. 결론 및 향후전망

이중외피는 국내와 같이 뚜렷한 냉난방기의 문제를 동시에 해결하며, 특히 고층화되는 고밀도 도심에서 에너지 절약을 위한 건축적 대응책이다. 이는 최근 대두되고 있는 실내공기질의 문제에 추가적 에너지소비 없이 효과적으로 대응할 수 있도록 자연환기효과를 극대화함으로써 재실자의 건강에 보다 현실적이며, 적극적으로 대응하는 새로운 가능성을 제시하고자 하였다.

본 실험으로부터 이중외피는 싱글외피에 비해 매우 뚜렷한 중간기 및 난방기 성능을 보이는 것을 알 수 있었다. 중간기에는 일사에 의한 영향을 최소화할 수 있기에 내부의 온도상승 효과를 최소화할 수 있고, 또한 난방기에는 일사에 의한 외기의 예열효과를 극대화할 수 있기에 자연환기시 실내온도분포에 따른 쾌적도 개선에 싱글외피에 비해 매우 뚜렷한 차이가 있음이 증명될 수 있었다. 하지만 여기에서 간과되지 않아야 할 부분은 특히 이중외피의 성능은 개념 및 구조적 특성에 따라서 요구성능이 매우 다양하게 변할 수 있으므로 설계시 세심한 주의가 요구된다.

2005년 냉방기에는 자연환기에 의한 효과를 보다 구체적으로 판단할 수 있는 근거를 제공하기 위하여 기류량 측정을 병행할 예정이다. 이를 통해 기존 창호뿐만 아니라, 이중외피에서 창의 개방방식에 따른 공간의 실내공기질 개선정도를 예측할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 본 실험에서는 일사량의 분석에 대한 실험이 동반되지 못하였으므로 실제 일사량에 의한 예열효과와 파사드의 형식에 따른 상관관계를 분석할 수 있는 기반을 구축하기 위해 향후 일사량 분석실험을 동시에 가동하고자 한다. 또한 본 실험구에 적용된 외피고정형 Prototype을 외피조절형으로 개선할 예정이며 이 때 외창이 기밀하게 개방될 수 있도록 준비하며, 개방면적도 가능한 최대화할 수 있도록 할 방침이다. 이를 경우 냉방기에 외피개방면의 최대화로 중공층의 과열을 예방하여, 난방기에는 외피를 환기시 요구되는 면적으로 개방하여 자연환기가능성을 개선하며, 혹한기시에는 기밀하게 외창이 닫힘으로 3중유리효과를 얻을 수 있는 장점이 있다. 특히 자연환기시의 차음효과가 얼마나 되는지를 분석하기 위하여 차음성능실험을 현장에서 실시할 예정으로 있으므로 향후 이중외피에 대한 보다 총체적인 기술적 접근이 가능할 것으로 판단한다.

이미 국내에서 이중외피의 실현을 위한 다소의 노력이 있었음에도 불구하고 활성화되고 있지 못한 근본적인 문제 중 하나는 일반적으로 선진국에서 실현된 이중외피가 국내 기후여건이나 시공현장에 대한 충분한 고려없이 무리하게 적용하고자 한 것에 있다고 보인다. 특히 그림8에서 언급한 것처럼 기후적 여건에 대한 이해와 이의 반영은 이중외피의 실현을 위해 극복해야 하는 가장 중요한 문제이다. 외피고정형과 같이 유럽에서 일반적으로 적용되고 있는 이중외피의 경우 적용시 그 효과를 극대화하기에는 무리가 있을 것으로 판단된다. 물론 현실을 충분히

히 고려한 프로토타입은 비용적 문제도 충분히 고려되어야 할 부분으로, 경제성은 적용의 유무를 결정하는 가장 중요한 요소로서 저비용의 고효율 이중외피의 달성이 필요하다. 특히 현장 또는 생산과정에서 현실성 없는 대안이 계획단계에서 무분별하게 시도되어 도면상의 한계를 벗어나지 못하는 경우도 많다. 매우 단순한 프로파일의 변경이라도 생산상의 비용상승은 피할 수 없다.

### 참고문헌

1. Daniels K., Technologie des oekologischen Bauens, Birkhaeuser, Berlin, 1999
2. Lee K., Untersuchung zur Einsatz-moeglichkeit von Doppelfassaden bei hohen Verwaltungsbauten mit Glasfassaden im extremgemaessigten Klimagebiet, Berlin, 2003
3. Oesterle 외, Doppelschalige Fassaden, Ganzheitliche Planung, Callwey, Muenchen, 1999
4. 김현수 외, 복합기능 생태적 건물외피 조성 기술 개발 I, II, 한국건설기술연구원, 2003, 2004
5. 종합진단 보고서, 노후·불량주택 재건축 진단, 한국건설기술연구원, 2003
6. [www.passiv.de](http://www.passiv.de)
7. M. Schulz, Bautechnik, Leben im Schwitzkasten, Der Spiegel 47/2004, <http://www.spiegel.de/spiegel/0,1518,327749,00.html>
8. Boris Kruppa, Untersuchungsergebnisse der Pro-Klima Felduntersuchung, Raumklima in Buerohaesern, 21. Internationaler Velta Kongress' 99, Tirol, 1999