

냉난방기 에너지소비 저감을 위한 이중외피시스템의 이해

이중외피시스템의 필요성과 냉난방기 에너지소비 저감 효과에 대해 알아보고 이중외피시스템의 적용사례에 대해 소개하고자 한다.

이 건 호

한국건설기술연구원(yongs25@kolon.com)

이중외피시스템의 필요성

최근 시공된 초고층주상복합 건물이나 오피스의 경우 주변에 장애물이 없는 현장에 있어서 일사량의 유입에 의한 온실효과는 4월이 되면 시작되며, 특히 이는 창호의 개방면적이 적음으로 인해 효과적인 환기효과를 달성하지 못하여 온실효과가 극단적으로 전개되기도 한다. 디자인적인 측면에서도 고층건물의 글래이징화는 두드러지게 나타나고 있으며, 또한 발코니확장이 허용되면서 그 문제점은 확대되고 있음으로, 이는 결국 근본적인 문제에 대한 대책이 필요한데, 이에 대한 합리적 대안을 제시하는 것이 바로 이중외피시스템이다.

이중외피시스템에 대한 관심은 최근 창호업계를 중심으로 증가하고 있으며, 점차적으로 이중외피시스템에 대한 재투자 발생하며, 건설업체에서도 적용대상을 모색하고 있는 최근의 분위기는 90년대말 이미 활성화가 되어 실용화에 들어서야 했던 분야였던 이중외피가 IMF와 기술부족으로 인해 시장에서 자리잡지 못했지만 10년이 지난 지금 본격적으로 시장에 도입될 가능성이 확대될 준비가 진행되고 있음으로 이해되기 시작하였다. 특히 모건설업체는 이중외피시스템을 초고층주상복합건물 설계에 이미 반영한 현장을 마련하였으므로, 이중외피시스템은 현재 진행형으로 적용대상이 확대되어 가고 있다고 해도 과언이 아니다.

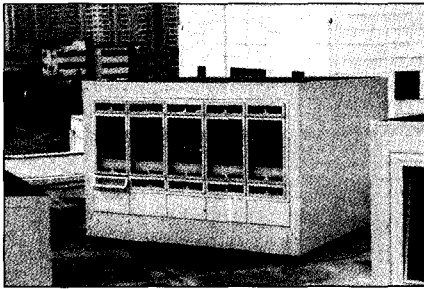
이에 한국건설기술연구원은 기관과제 “복합기능 생태적 건물외피 조성기술개발(2003~2007)” 및 민간과제 “냉난방에너지절감 및 자연환기 기능이 극대화된 고층건축용 기능성 커튼월 창호시스템(FDFS) 개발연구(삼성물산, 삼우EMC, 2005~2006)”를 통해 일반적인 오피스 및 주상복합 등의 용도에 사용가능한 한국형 이중외피시스템 상용화 모델개발에 착수하였다. 지난 2005년 연구원내 실험동 옥상부에 4.5 m×4.5 m×2.7 m 크기의 360°회전가능한 창호용 실험구 2기(그림 1)를 설치하였으며, 1기는 이중외피, 다른 1기는 기존 싱글 커튼월창호를 설치하여 동서남북 모든 향에 있어 창호설치시 물리적 특성을 분석하고 있다. 지난 2005년 후반 난방기 중 자연환기라는 관점에서 싱글외피 대비 이중외피가 차별화된 성능을 보여줄 수 있는지를 실험하였으며, 이 때 공간의 높이와 깊이에 따른 온도/기류분석 뿐만 아니라 기류의 흐름을 살펴보기 위해 연막실험을 수행하여, 이중외피 적용시 난방기 중 자연환기성능 개선효과에 주목하였다. 그 결과는 추가적 에너지소비없이 난방기 중 자연환기효과를 획기적으로 개선할 수 있음으로 최근 신축건물에 있어서 실내공기질의 문제에 대응할 수 있다. 냉방기 중에는 두 공간에서 냉방가동시 소비전력분석을 통한 결과를 정리중에 있다. 이는 발코니확장에 따른 온실효과제어에 효과적으로 대응할 수 있을 것이다.



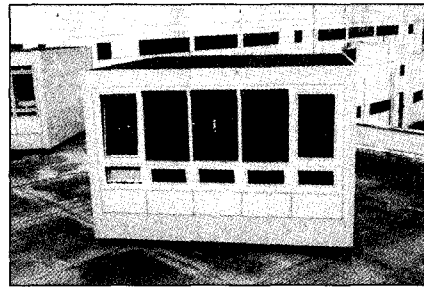
이중외피시스템의 이해

기존의 창호에 비해 two layer로 구성되는 이중외피는 먼저 냉방에너지소비 저감에 탁월한 효과가 있다. 이를 위해 매우 간단한 물리적 이해가 필요하다. 빛은 빛으로 존재할 때는 냉난방부하의 측면에서 큰 의미를 가지지 못한다. 하지만 이 빛이 어떤 물체에 접하게 되면 빛은 물체에 흡수되어 다시 열로 발산

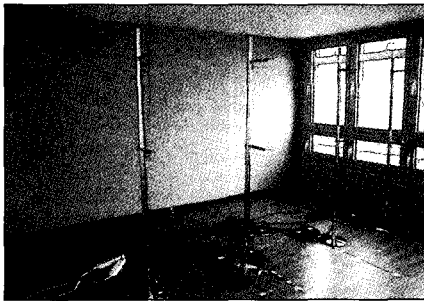
된다. 이 때 열로 변하는 이 현상이 발생하는 위치가 어디냐에 따라 건물에너지소비에 특히 냉방부분에 미치는 영향은 매우 크다(그림 2). 글레이징면적이 넓은 대부분의 건물에서 차양이 내부에 있음으로 인해 빛이 열로 변환 위치가 실내에 있다. 그 결과 온실효과는 내측에서 발생하게 되며, 특히 이는 유리 내측표면, 프레임내측표면, 그리고 블라인드표면에서 50℃ 이상까지 상승하게 되는 온도로 인해 창호



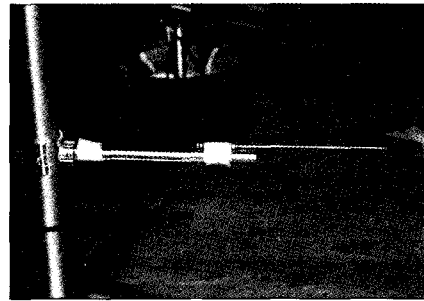
(a) 이중외피



(b) 싱글외피

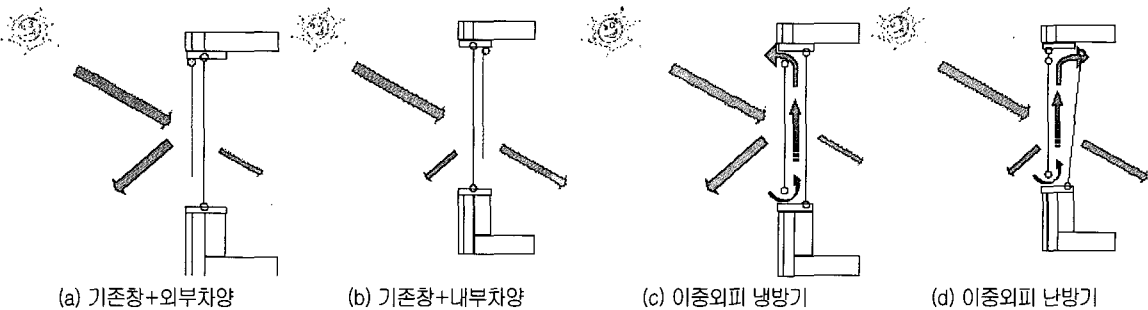


(c) 실험실 내 전경



(d) 온도/기류 센서

[그림 1] 실험구 전경

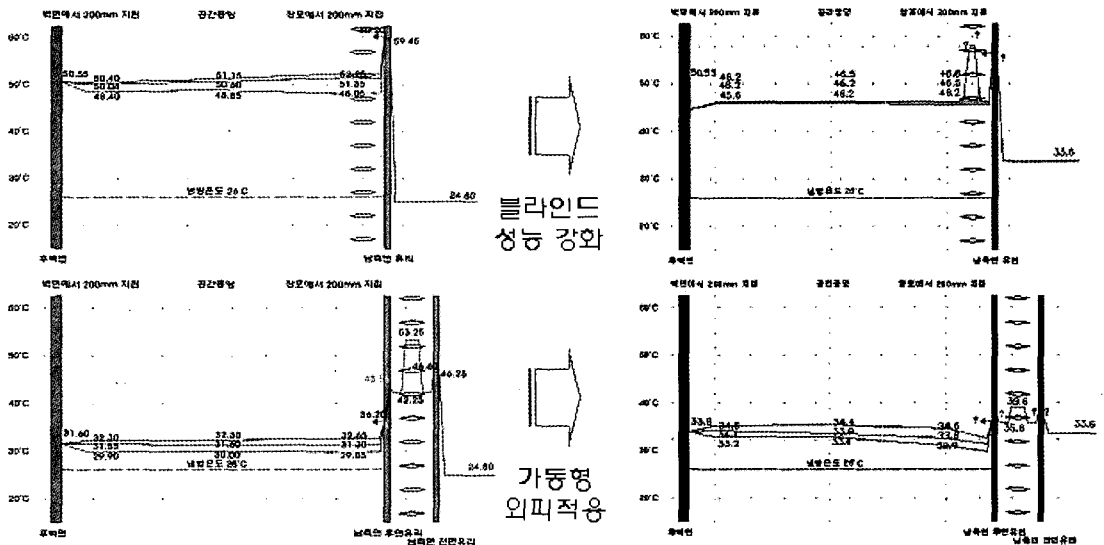


[그림 2] 에너지적인 관점에서 본 기존 창호 대비 이중외피 개요

에 인접한 부분에서 작업하는 재실자에게 복사열에 의한 또 다른 불쾌감을 증가시키는 원인이 된다. 그러므로 이를 제어하기 위한 가장 효과적인 방식은 차양을 외부에 설치하여 빛이 열로 변하는 위치가 외측에서 발생하게 하면 되는데, 문제는 이를 위해 설치할 수 있는 외부차양은 국내 기후 및 기술여건상 오피스나 주상복합과 같은 고층건물에 현실적으로 적용하기 어렵다. 독일의 경우 외부차양이 지속적인 발전을 거듭하여 다양한 시스템이 개발되었고, 이는 기후적으로 태풍이나 높은 풍압의 발생이 없음에 기인한다. 이에 반해 한국은 여름에는 태풍에 의한 피해 그리고 겨울에는 강한 바람에 의한 풍압발생으로 외부차양이란 현실적으로 적용이 어렵다. 이런 문제점들을 해결할 수 있는 것이 바로 이중외피이다. two layer 사이에 설치된 차양은 외부로부터의 풍압에 의한 영향이 적어 외기로부터 보호된다. 그리고 빛이 열로 변하는 현상은 중공층에서 발생하며 이 때 극단적인 60℃ 이상의 overheating이 발생할 수 있으나(그림 3), 그 열은 open된 외창에 의해 외부로 버려지게 된다. 그러므로 냉방부하에 미치는

영향을 효과적으로 감소시킬 수 있다. 특히 혹서기에 지속적으로 냉방이 되어야 하는 경우에는 유입일사량이 첫 번째 싱글창을 투과하면서 약 20% 가량 감소하게 되어 차양에 접하는 일사량이 20% 정도 감소할 수 있어 cut-off상태 이상에서는 실제 냉방부하가 외부차양에 비해 낮게 발생할 수 있다. 지난 8~9월 중 한달간의 소비전력 분석결과 싱글외피 130.33 kWh 대비 이중외피는 42.68 kWh로 약 60% 이상 소비전력이 감소하였다. 본 실험은 일사를 제외한 실내에서 발생가능한 다른 열부하가 고려되지 않았으며, 또한 28℃에서 냉방이 가동되어 냉방온도 25℃로 세팅하였으므로 실제 공간에서의 결과와는 구분되어야 하겠지만, 궁극적으로 그 경향에 있어 싱글외피 대비 이중외피의 냉방기 소비전력에 큰 차이가 있음을 확인할 수 있었다(그림 4).

유입되는 일사량이 반대로 겨울중에는 중공층에서 발생한 열을 내창을 통해 환기시킴으로 이는 결국 예열에 의한 자연환기효과를 개선하여 환기에 의한 열손실을 감소시킨다. 특히 난방기에는 자연환기라는 측면이 매우 강조될 수 있고, 이때 차가운 외기가



외피고정형 DFS 냉방기 온도변화
높이 1,100 mm, 후벽면-E-C-A-전면유리,
2004/09/24, 0:00~24:00

외피고정형 DFS 냉방기 온도변화
높이 1,100 mm, 후벽면-E-C-A-전면유리,
2005/08/25, 13:50

[그림 3] 기존 창호(상) 대비 이중외피(하)에서의 온도구배



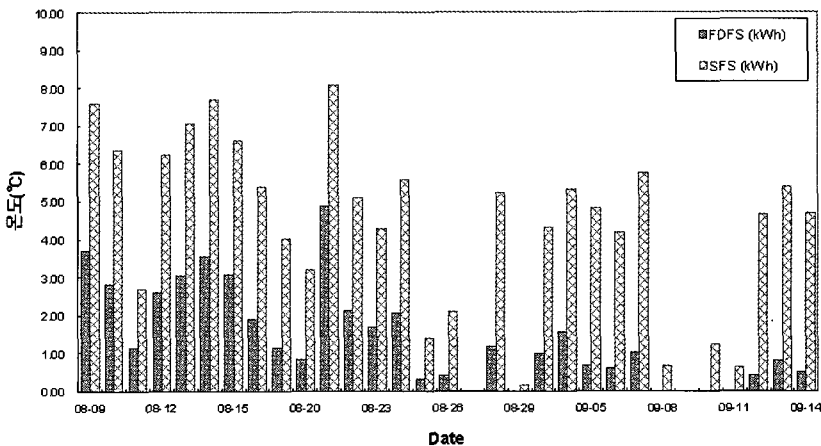
직접 유입되는 일반적인 창에 비해 이중외피는 예열 효과를 극대화할 수 있어 실내에서의 쾌적성을 개선할 수 있다. 이는 연막실험(그림 5)을 통해 확인할 수 있는데 난방기중 자연환기시 일반창에서 찬 공기가 유입되면서 내부의 따뜻한 공기와 접하면 찬 공기는 하단으로 유입되어 창에 인접한 재실자의 불쾌감이 증가하게 된다. 특히 공간의 높이에 따른 상하단의 온도차가 크게 발생하면서 쾌적감은 큰 손실을 입게 된다. 하지만 이중외피에서는 중공층의 예열효과에 의해 외기온도 0℃에서 일사발생시 10℃ 이상으로 중공층의 공기온도를 상승시킬수 있어 이 때 실내로 유입되는 공기는 재실자의 쾌적성을 증진시키는 데 기여할 수 있다.

이중외피시스템의 적용

경제성 부분에 있어 이중외피는 원천적으로 프로파일 두께가 두꺼워지며, 전면에 설치되는 강화유리로 인해 추가적 비용상승은 피하기 힘들어 약 20% 가량 비용상승이 예상된다. 특히 최근 원자재가격 상승으로 인해 알루미늄의 원자재 가격이 지속적으로 상승되고 있는 상황이어서 이로 인한 가격상승은 창호시장 전반으로 확대될 가능성도 배제할 수는 없는 실정이다. 이 비용산정에서 차양설치 비용이 포함되어 있지 않는데, 이는 차양공사가 일반적으로 시공비에 포함되어 있지 않고, 입주자가 입주시 직접 비용을

지불하여 설치하여야 하기 때문이다. 하지만 이중외피에서는 각 대안별 이상적으로 작동가능한 차양이 기본적으로 설치되어야 함으로 추가적 비용상승은 불가피하다. 하지만 고층건물에 있어 냉난방전력소비가 세대당 월평균 60만원에서 많게는 150만원 이상까지도 지출되고 있는 현실을 고려하며, 그리고 무엇보다도 실내쾌적성 증대라는 측면에서 이중외피설치를 통해 얻게 되는 장점은 싱글외피에서 비교될 수 없는 가치라고 하겠다.

90년대를 중심으로 독일어권을 중심으로 실용화에 성공한 이중외피시스템은 약 250개 중대형 프로젝트에서 다양하게 적용되었다. 국내의 경우도 지난 1994년 D건설 연구소에 아트리움에 연계된 Whole Type 이중외피가 최초로 적용된 이후 국내 현장에 7개 이상의 프로젝트에 이중외피가 적용되었으나, 현재까지 다양성이란 측면에서 큰 변화없이 아직도 본 시스템의 잠재력에 대해 의구심을 갖는 것과 사업성이란 이유로 경제성이라는 큰 벽을 극복하는 것이 어려운 현실은 무척이나 안타까운 일로 받아들여진다. 무더웠던 지난 2006년의 여름은 이중외피시스템의 성과가 언론에 구체적으로 보도되면서 건설분야에 종사하며 기존의 창이 적용된 현장에서의 문제점을 인식하고 있는 전문가들을 중심으로 실로 많은 접촉이 이루어졌으며, 그 결과 현재 합리적인 대안으로 적용이 진행되고 있는 현장도 발생하였으나, 대부분의 경우 제시되는 안에 있어 경제성의 한계를 극복하



[그림 4] 냉방기 소비에너지 분석(8/9~9/14)



(a) 싱글외피 상단창 tilt 개방시



(b) 하단창 Pull-down 개방시



(c) 이중외피 외창 상하단 개방 및 내창 tilt시



(d) 외창하단 개방 및 내창 tilt시

[그림 5] 난방기 중 연막실험결과

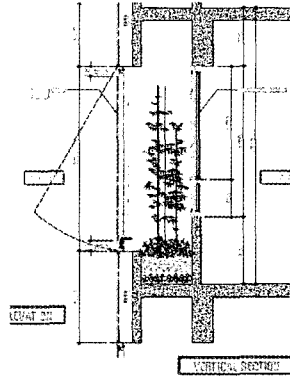
지 못하고 좌절되는 경우뿐만 아니라 시스템에 대한 이해가 부족하여 좌절되는 경우도 허다하였다.

지난 2006년 3월 서울 동당초등학교 리노베이션(그림 6)에 이중외피시스템을 적용하였다. 기존의 발코니 공간을 중공층으로 활용하여 이 부분에 녹화면을 설치함으로 자연환기식 식생에 의한 필터링 기능을 예상한 Eco 이중외피로 설계되었다. 내부에 활동량이 많은 재실자(학생)에 의해 높은 냉방부하가 증가할 수 있어 외피는 전면가동형으로 기계식으로 가동되는 이중외피를 적용하여 난방기 중 중공층에서의 과열을 예방하며, 내부발생 가능한 냉방부하를 최소화하고자 의도하였다. 동시에 난방기 중에는 중공층이 최소환기시켜 예열에 의한 자연환기 특성을 극대화할 수 있는 개념으로 개발되었다. 뿐만 아니라 현재 다수의 시공현장에서 적용성 검토가 이루어

지고 있으므로 향후 1~2년 내에 주상복합 또는 오피스에 이중외피시스템이 최초로 적용되어 진다면 이후 시장의 판도는 현재와는 매우 다르게 진행될 수 있을 것으로 판단된다. 그러므로 건물에 있어 가장 에너지효율이 떨어지는 창호부의 개선을 통해 저에너지소비형 건물로 설계될 경우 이에 따른 건축기준 또는 최소설비시스템 등 주변여건에 대한 통합적인 고려가 필요한 시기가 머지않은 시기에 도래할 것으로 판단됨으로 이에 대한 준비가 필요하다. 또한 언급한 바와 같이 독일에서 실용화된 이중외피시스템의 모든 대안들이 국내에서 합리적으로 가동될 수 있는 것은 아니다. 한국은 독일에 비해 겨울에는 더 춥고, 여름에는 훨씬 무덥다. 월평균기온에 있어 베를린이 19 K 내외인 반면, 서울은 28 K 이상으로 그 차이를 이해할 수 있다. 그러므로 한국의 극단적인



(a) 리노베이션 전 전경



(b) 적용 이중외피 디테일



(c) 적용후 외부전경



(d) 적용후 교실내 전경

[그림 6] 서울시 동답초등학교 리노베이션 적용 이중외피

혹한기/혹서기에 대응하기 위해서는 그만큼 대안의 모색도 어렵다. 이를 해결하는 과정에서 한국형이중외피시스템 대안이 필요하며, 여기에는 개방면적/방식, 결로, 블라인드선정 등 다양한 고민거리들이 산재해 있다. 결론적으로 혹한/혹서기를 동시에 가지는 국내 여건에 대응가능한 창호부분 대응기술은 이중외피시스템이란 것에는 의심할 여지가 없다. 하지만 주상복합/오피스용 이중외피시스템의 적용은 현

재 초기단계임으로 전문가들에 정확하게 진단되어 대안이 제시되어야 하며, 자칫 초기단계에서 비전문가들에 의해 제시된 잘못된 대안이 적용되어 그 효과가 시장에서 잘못 외곡된다면 향후 이중외피시스템의 활성화에 큰 장애가 될 것으로 판단됨으로 이는 이중외피를 적용하고자 할 경우 가장 조심해야 할 부분이다. ㉠