

# 에너지절약형 이중외피시스템의 원리이해와 국내설계/시공사례

## 1. 개 요

국내외적으로 건물의 에너지절약은 건축분야에서 가장 큰 이슈이다. 그러므로 이의 해결책으로서 건물에너지절약형 건축기술 및 신재생에너지에 대한 관심이 매우 높은 것은 당연한 논리일 것이다. 하지만 신재생에너지는 에너지공급에 대한 문제이며, 건물이 필요로 하는 에너지수요를 어떻게 낮출 것인가는 passive형 건축설계를 통해 심도 있게 다루어져야 한다. 이는 인간이 효과적인 다이어트를 하기 위해 운동도 중요하지만 기본적으로 적게 섭취해도 생활이 가능하도록 자신의 체질을 바꾸는 논리와 같다. 또한 신재생에너지는 기술집약적인 분야로 인해 성능 대비 많은 비용이 소요되지만, passive형 건축설계는 소요되는 비용대비 높은 성능을 보장한다. 이에 본 고에서는 최근 국내 건축설계에서 가장 많은 관심이 많은 분야인 에너지절약형 이중외피에 대해 알아보고, 국내 시공 현장에 직접 참여했던 내용을 중심으로 국내 현장의 이해를 바탕으로 한 이중외피가 어떤 모습으로 시공되고 있는지를 소개하고자 한다.

## 2. 기후 및 건물외피의 이해를 통한 합리적 건물에너지 관리

### • 기후특성의 이해 및 한국의 건축

일반적으로 기후대는 한대, 온난, 건



이 건 호

- ▶ 1969년
- ▶ 한국건설기술연구원 그린빌딩연구실 연구위원
- ▶ 에너지절약형 건물외피설계

조, 열대기후의 네가지 기후대가 있다. 기후대별 특성은 다음과 같다. 한대기후는 월 평균최저기온  $-15^{\circ}\text{C}$  이하인 지역으로 시베리아, 그린란드 등이 속한다. 온난기후대는 월평균  $-15 \sim +25^{\circ}\text{C}$  사이인 지역으로 북부/중부 유럽, 미국북부, 대한민국 등이 이에 속한다. 건조기후대에는 월 평균최고기온  $25^{\circ}\text{C}$  이상인 지역으로 북아프리카, 아랍지역, 미국남부 등이 이에 속한다. 마지막으로 열대기후대에는 월평균기온 한달 이상  $20^{\circ}\text{C}$  이상, 상대습도 80% 이상인 지역으로 인도, 아프리카 등이 속한다. 이에 한반도는 온난기후대에 속하며, 동일한 온난기후대인 유럽지역과 비교할 경우 기후적 특성의 차이가 건축설계에 반영된다.

한반도는 온난기후대에 속하며, 현재 지구온난화에 의해 아열대로 변화하고 있다. 유사한 기후대에 속하는 독일의 경우 베를린과 서울의 월평균기온을

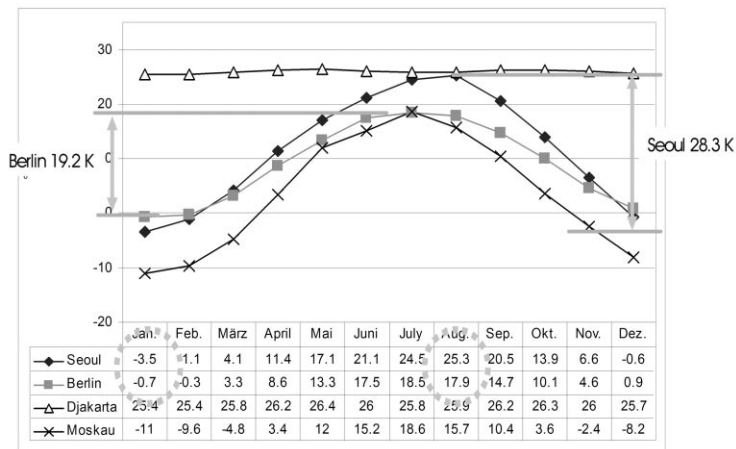
비교하면, 베를린은 연간 월평균기온이  $19.2\text{K}$  차이가 나는 반면, 서울은  $28.3\text{K}$ 로, 월평균 온도차이가 서울에서 약  $9\text{K}$  이상 더 발생한다. 이에 베를린 대비 서울은 난방기에 더 춥고, 냉방기에는 훨씬 더 더운 기온을 보인다. 여기에 한여름의 습도가 더해지면, 서울은 불쾌지수가 베를린 대비 매우 높은 기후를 보인다. 게다가 한반도는 작은 반도임에도 불구하고, 북부와 남부의 기후적 특성에는 매우 뚜렷한 차이가 있고, 이것은 과거의 건축을 살펴보면 쉽게 이해될 수 있다. 북부지방에는 폐쇄된 구조로서 창면적이 매우 적고, 두꺼운 벽이 있지만, 남부지방에는 개방된 구조로서 대청마루가 기후적 특성을 반영하는 건축적 요소로서 작용한다. 특히 남부, 중부의 한옥을 살펴 보면, 결국 열대건축과 한대건축의 특성이 동시에 나타나는 매우 독특한 건축적 형태를 보인다.

### • 창 의 기능과 창 의 문제

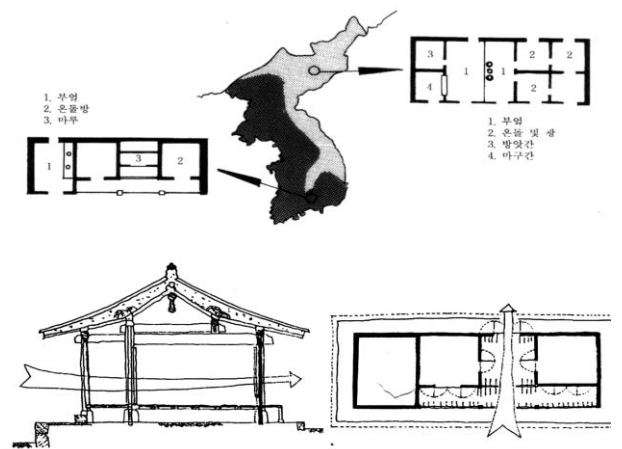
창은 기본적으로 단열, 차양, 채광, 일상이용, 눈부심방지, 차음 그리고 자연환기 등의 기능을 수행한다. 특히 단열 성능은 법적으로 요구되는 가장 기본적인 물리적 요소이며, 현재 건축물에너지절약설계기준에 따르면 창호부분의 열관류값은  $3.84 \text{ W/m}_2\text{K}$ 이며, 외벽면은  $0.47 \text{ W/m}_2\text{K}$ 로서 창호부분의 열적 취약부로서 열손실이 벽에 비해 7배 이상 높다. 차양부분에 대한 이해에 있어



[그림 1] 세계의 기후대 분포(좌), 한대기후 건축(중앙), 열대기후 건축(우)



[그림 2] 서로 다른 온난기후대의 월평균기온 비교



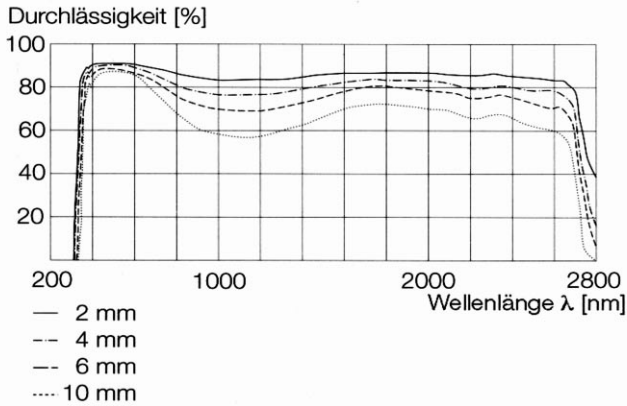
[그림 3] 한국의 지역에 따른 건축특성

서도 고층 주거용건물은 발코니 확장이 허용되면서, 확장시 일사유입에 의해 온실효과 발생하며, 이는 냉방부하 상승을 초래한다. 유리면적이 적으면 내부차양을 적용하더라도 문제가 없지만, 유리면적이 넓은 경우는 외부차양이 적용되어야 하나, 현실적으로는 태풍이나 기상이변이 잦은 국내 기후여건에 따라 구조적 대안의 제시가 난이하다. 또한 고층건물은 높은 풍압에 노출되며, 이는 대부분 대로변에 위치함에 따라 자연환기를 효과적으로 유도하는 것이 어렵다. 이와 같은 현상은 판

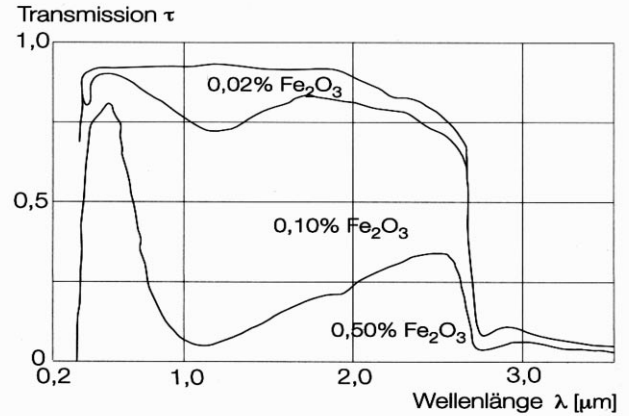
상형 건물에 비해 탑상형 건물에서, 통상 대로변의 경우 많은 교통량에 따른 자동차 소음과 매연에 의해 합리적 자연환기 불가능으로 강제환기에 의존하는 경우가 많다. 결국 이는 불쾌적 증대에 따른 건강문제의 대두뿐만 아니라, 기계설비 작동시간의 연장에 따른 에너지소비량 증가의 원인이 된다.

특히 유리는 일사에 의한 실내로의 에너지투과에 가장 큰 영향을 미치는 요소이다. 온도차에 의한 열전달 보다 직달일사의 유입에 의한 열전달은 약 10배 가량 크다. 유리는 푸른 색상을 띠는

$Fe_2O_3$ 의 함량에 따라 투과율에 영향을 미친다. 일반적으로 유리가 두꺼워지면 투과율이 낮아지며,  $Fe_2O_3$ 의 함량이 높아지면 가시광선 및 적외선대 부분에서 투과율이 낮아지며,  $Fe_2O_3$  함량이 낮으면 투과율은 높아지게 된다. 국내 기후의 특성상 냉방기에는 유리를 통한 투과율을 낮추고, 난방기에는 반대로 높여야 하나, 유리는 생산되면서 변하지 않는 고유의 투과율을 가지게 되며, 이에 따라 유리라는 단일 소재만으로는 투과율을 조절할 수 없다. 이와 같은 문제의 해결을 위해 창호 또는 유리



[그림 4] 유리두께에 따른 투과율 비교



[그림 5]  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  함량에 따른 투과율 비교

분야에서는 새로운 기술들이 제공되어, 삼중유리, 투광조절창, 적외선 차단 필름 등 다양한 기술들이 제공되어졌지만, 이들 기술들이 U값 개선에는 기여하였으나, 원천적인 SHGC값의 조절가능성은 확보하지 못하였다.

이와 같은 현상과 함께 건물의 에너지 부하 변화도 매우 흥미로운 부분이다. 커튼월로 시공된 도심의 초고층 유리 건물은 현대건축의 특징 중 하나로 지역적 특성과 어우러져 랜드마크가 되는 상징적 역할을 담당한다. 대부분 내부차양이 적용되는 고층건물 사무실은 높은 내부 발생부하로 인한 온실효과로 심각한 문제들이 발생하며, 특히 IT 건물과 같이 실내 발열부하가 급격히 높은 경우는 난방기조차도 냉방이 요구되기도 한다. 오피스의 경우 50년대 건물의 열획득보다 건물의 열손실이 상대적으로 많았지만, 이후 열손실은 감소하며 열획득이 상승하였고, 90년대에는 열획득이 상대적으로 열손실보다 더 높게 발생하였다.(그림6) 우리와 같은 기후여건에서 동일한 맥락에서 초고층 건물은 지속적인 단열성능의 개선으로 난방기보다 냉방기에 문

제가 심각하게 발생하였으며, 내부발생 부하를 줄이기에는 한계에 있기 때문에 일사부하를 최소화하는 전략의 수립이 필요하다.

#### • 창을 통한 자연환기가 재실자 쾌적성에 미치는 영향

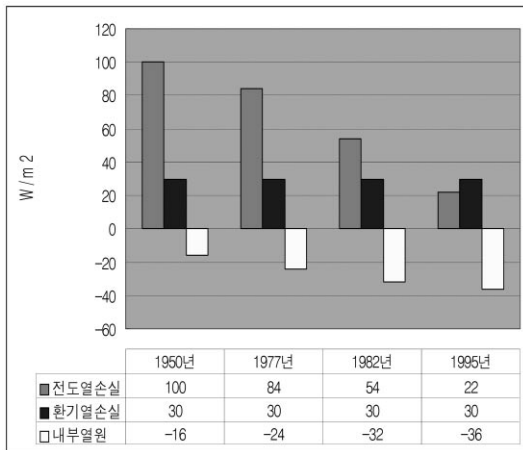
자연환기는 주거 또는 업무환경에 있어 재실자의 심리적 쾌적성을 좌우하는 요소 중 하나이다. 다수가 사용하는 공간에서는 사용자의 위치 또는 심리 상태에 따라 자연환기에 대한 선호도가 다르게 나타나며, 특히 난방기의 경우 창측에 위치한 사람과 복도측에 위치한 사람과의 자연환기에 대한 요구는 큰 차이를 보이게 된다. 이와 함께 두통, 메스꺼움, 안구건조증, 호흡장애 등 일반 근무여건속에서 발생하는 재실자가 느끼는 불편을 통계로 나타내는 도구로서 불편호소율이 있다. 통계 자료를 보면 창이 개방되지 않는 건물에서 재실자의 불편호소율은 평균 40%로 나타났지만, 창이 개방되는 건물에서 재실자의 불편호소율은 평균 25%로서 창이 개방되지 않는 건물에서 보다 약 15% 가량 낮게 발생하는 것

을 보면 자연환기에 의한 효과가 재실자의 건강에 미치는 영향이 큰 것을 알 수 있다.

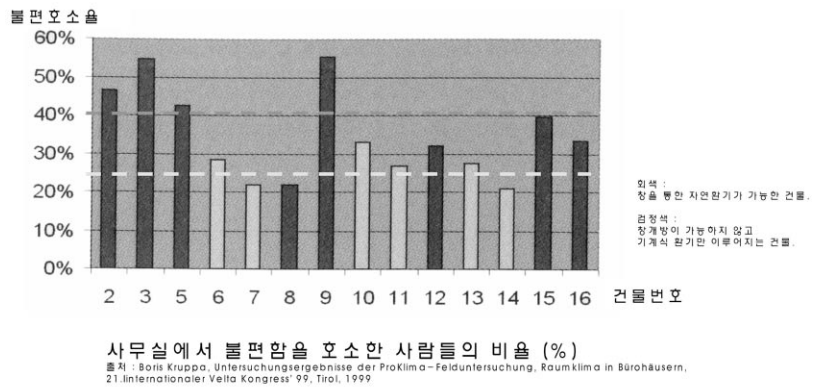
특히 초고층건물은 높은 풍압의 발생으로 인해 구조적으로 창개방을 통한 자연환기를 효과적으로 실현하는 것이 쉽지 않고, 특히 창이 개방되지 않는 건물에서는 기계식환기만 가동됨으로 재실자의 건강에 있어 심각한 문제가 발생할 수 있다. 창개방이 허용되지 않고, 기계식 환기만 제공되는 건물에서 Sick Building Syndrome 및 Tight Building Syndrome과 같은 문제가 발생한다. 결국 자연환기란 추가적 에너지 소비 없이 재실자의 쾌적감을 개선하며 건강을 유지할 수 있는 잠재력을 의미한다. 특히 초고층건물의 주변은 대부분 대도시의 교통량이 많은 지역으로서 대로변 소음으로 인해 기계식 환기에 대한 의존도가 더욱 높아짐으로 이에 대한 대응이 요구되며, 높은 풍압을 합리적으로 이용하면 자연환기 효과를 극대화 할 수 있다.

#### • 기후대별 이상적 에너지관리

그렇다면 기후대별 이상적인 열관리



[그림 6] 1950 ~ 1995년 사무소건물 열균형 변화  
출처 : Nuessle 외, Heizen und Kuehlen mit abgehangter Decken, Deutsche Bauzeitschrift 8, 1997



[그림 7] 사무실에서 불편함을 호소한 사람들의 비율(%)  
출처 : Boris Kruppa, Untersuchungsergebnisse der ProKlimafeldunter-suchung, Raumklima in Buerohaeusern, 21. Internationaler Velta Kongress' 99, Tirol, 1999

에 대해 살펴보면, 먼저 U값은 모든 기 후대에서 가능한 최소값이 요구되며, G값(SHGC값)은 한대기후에서 최대값 그리고 열대기후에서 최소값이 요구된다. 문제는 온난기후대에 있다. 온난기 후대에서 G값(SHGC값)은 냉방기에 최소값 그리고 난방기에 최대값이 요구되어 진다. 인간은 주변환경의 변화에 따라 의복을 통해 쉽게 대응하여, 추우면 두터운 옷을 입고, 그리고 더우면 가

벼운 옷으로 쉽게 갈아 입을 수 있다. 하지만 건축에서 건물의외피를 통해 인간이 외기에 대응하는 것과 같은 가변성을 요구하는 것은 현실적으로 쉽지 않다. 건물에너지관리에 볼 때 국내 시 공현장의 건물의외피에 가장 일반적으로 적용되는 내부차양은 난방기에는 이상 적이지만, 냉방기에는 매우 불리하다. 그러므로 이에 대한 합리적 대책의 마련이 이미 설계단계에서 절실히 요구

된다고 하겠다.

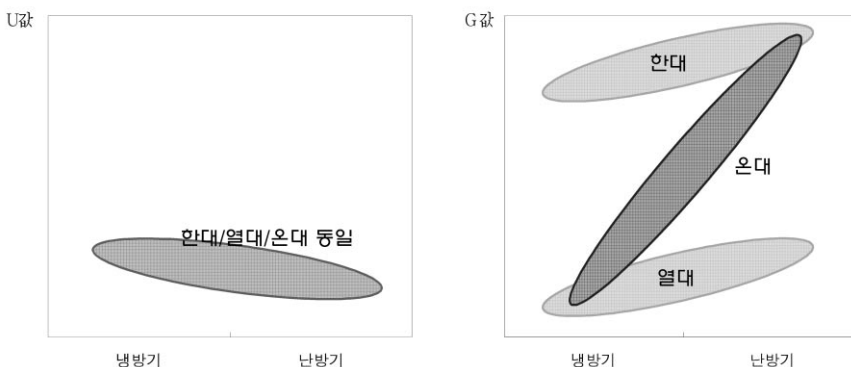
### 3. 이중외피를 통한 건물에너지관리

#### • 이중외피 개요

국내 대부분의 건물에 적용되는 건물 외피는 싱글외피로서 건물의외피가 하나로 구성되어 있어 외기조건에 따라 실내는 직접적인 영향을 받게 된다. 하지만 이중외피의 경우는 건물의외피가 두 개의 layer로 구성되어 그 사이에 중공층이라는 공간이 발생하며, 이 중공층의 조건이 실내에 영향 미치게 되며, 외기조건에 따라 외기가 직접 실내로 유입되게 설계할 수도 있다. 매우 간단한 원리이기는 하지만 설계에 따라 물리적 결과는 매우 큰 차이를 발생시킨다.

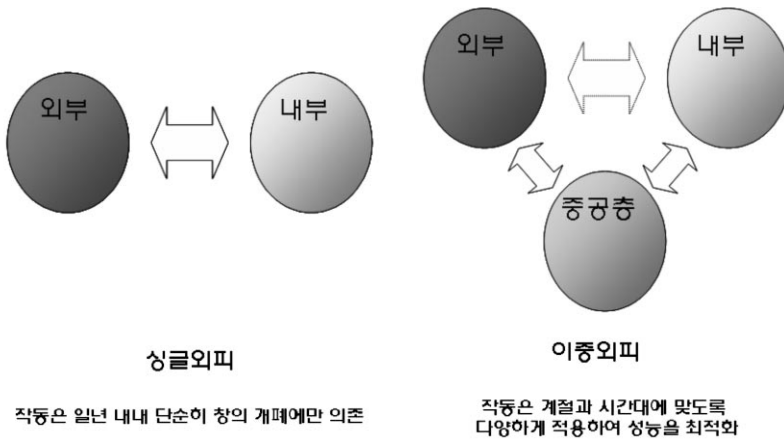
#### • 이중외피 적용에 따른 장점

- 자연환기시 차음효과가 개방형식에 따라 5 ~ 10 dB 발생<sup>1)</sup>
- 난방기 중 자연환기 가능시간이 확대되며, 100 m 높이의 건물에서 이



[그림 8] 기후대별 이상적 U값(좌) 및 이상적 G값(우) 비교

1) BMBF/FGK-Fachtagung, 'Doppelfassaden in der TGA', Bonn, 1997.



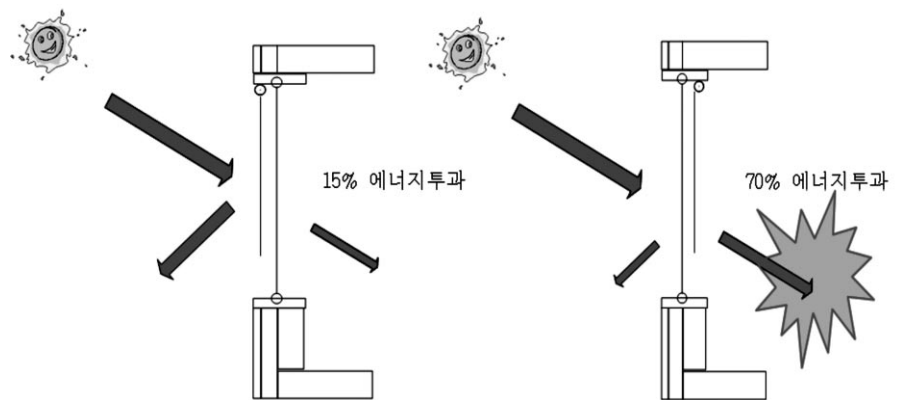
[그림 9] 싱글외피와 이중외피 개념 비교

- 중외피 적용시 창호 개방가능 시간은 44%에서 79%로 연장<sup>2)</sup>
- 외기에열에 의한 passive 환기 적용으로 난방기 환기에 의한 열손실 감소
- 냉방기 중 안전하게 야간 축열냉방의 적용이 가능함
- 바람에 의한 풍압이 높은 날에도 자연환기가 가능하며, 창문개방시 쾌적 풍압조건 40 ~ 60N 그리고 최대 100N 이하를 유지할 수 있음<sup>3)</sup>
- 초고층건물에서 외부차양 효과 발생 및 차양보호 기능

#### • 이중외피 적용에 따른 단점

- 냉방기 및 중간기 중 중공층 과열로 자연환기 가능시간 감소가능성 발생
- 파사드가 유닛별로 분리되지 않을 경우 수평 또는 수직적인 소음전달 가능
- 상시환기형의 경우 중공층 환기에

- 의해 차양떨림에 의한 소음 발생
- 배기의 수평/수직적인 전달가능성 발생
- 싱글외피 대비 시공비용 증가
- 내외창 존재로 인한 유지관리 비용 증가



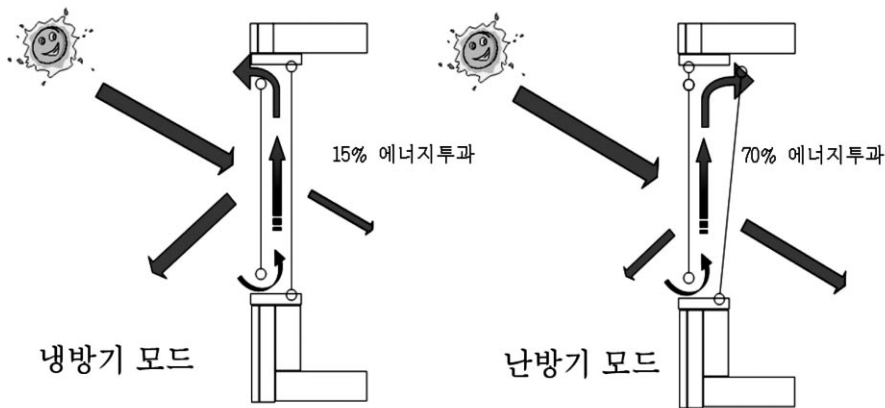
[그림 10] 싱글외피 외부차양(좌) 및 내부차양(우) 적용시의 효과 비교

#### • 싱글외피 vs 이중외피 적용 특성

건물에서 차양의 설치위치는 건물에 에너지소비에 가장 큰 영향을 미치게 된다. 에너지를 가지는 일사는 불투명부에서 열로 변하게 되며, 열변환의 위치가 건물의 외부나 또는 내부나에 따라 건물에너지소비량은 크게 달라진다. 현재 국내 대부분의 현장에 적용되고 있고, 높은 G값(SHGC값)으로 정의되는 내부차양에서 일사의 열변환은 실내에서 이루어지게 됨으로 난방기에는 유리하나 냉방기에는 매우 불리하다. 일사의 열변환이 외부에서 이루어짐에 따라 낮은 G값(SHGC값)으로 정의되는 외부차양은 냉방기에는 유리하며 난방기에는 불리하다. 이에 따라 연간 이상적 에너지관리를 위해서는 난방기에는 내부차양, 그리고 냉방기에는 외부차양을 계절별로 분리하여 적용하면 건물 에너지 측면에서 가장 큰 효과를 기대할 수 있다. 그러므로 현재 국내 대부분의 고층건물에서 적용되고 있는 내부

2) Thiel D. Doppelfassaden –ein Bestandteil energetisch optimierter und emissionsamer Bürogebäude, Innovative Fassadentechnologie, Institut für Licht- und Bautechnik (ILB), Köln, 1995.

3) Stoll J. Doppelschalige Fassade in Hochhäusern, Tagungsband, Doppelfassaden und Technische Gebäudeausrüstung, Fachinstitut Gebäude-Klima e.V, 1997.



[그림 11] 이중외피 냉방기(좌) 및 난방기(우) 작동컨셉

차양은 에너지절감효과는 기대하기 어렵고, 내부의 현황 예방효과에는 유리하다고 말할 수 있다.

싱글외피의 내부차양 및 외부차양이 동시에 설치된 효과를 얻을 수 있는 시스템이 이중외피이다. 이중외피는 냉방기에는 외부차양효과로 인해 낮은 G값(SHGC값)을 예상할 수 있고, 반대로 난방기에는 삼중유리효과에 의한 단열 성능 개선효과와 중공층의 과열을 실내 자연환기에 이용함으로써 환기에 의한 열손실을 저감할 수 있기에 난방기에도 효과적으로 운영될 수 있다.

#### • 이중외피 유형별 특성

일반적으로 이중외피는 기능과 형태에 따라 약 5개 타입으로 분류된다. 먼저 각 층별로 분리되는 형태인 단층형 이중외피가 있고, 이에는 가장 전형적인 ①상자형 타입과 ②복도형 타입 두 가지로 구성된다. 2개 층 이상이 연동되는 다층형 이중외피에서는 ④굴뚝형 그리고 ⑤전면형 이중외피가 있다. 이와 함께 단층형과 다층형의 장점을 연동한 ③굴뚝-상자형 이중외피가 있다. 과거 이중외피가 적용되었던 초기 단계에서는 다양한 시도들이 있었지만, 최근에는 비용의 관점에서 극복하기

위한 대안으로서 상자형 또는 소형 중 복도형 이중외피가 가장 많이 적용되고 있으며, 굴뚝형 또는 전면형의 경우는 현장의 특수한 경우가 있을 경우 적용된다. 국내의 경우는 과거 대부분 전면형 또는 복도형 이중외피만이 적용되었으나, 최근 수년간 경제성 측면에서 가장 유리한 상자형 이중외피가 한 국건설기술연구원의 주도로 약 6개 현장 이상에 적용되어 국내도 이중외피의 적용 다양성을 확보할 수 있었다. 유형상 각각의 특성을 분석하면 표 1과 같다.

## 4. 이중외피 성능 검토

#### • 냉방기중 실내온도 분포 및 에너지 저감 효과

이중외피는 유입되는 직달일사량 최소화하여 이론적으로는 G값(SHGC값)을 0.1 이하로 유지할 수 있어 공간의 유형별로 냉방에너지소비량 저감에 획기적으로 기여할 수 있다. 특히 그 효과는 기타 내부발열부하가 크지 않아, 일사에 의한 영향이 높은 곳에서 크게 나타난다. 동일한 규모의 실험실(4.5 m\*4.5 m)에 싱글외피와 이중외피를 각

각 적용하여 냉방을 가동하지 않은 상태에서 동시에 가동한 결과 10 K의 내부온도차가 발생하였다. 특히 싱글외피에서 실내온도가 46℃까지 상승한 반면, 이중외피에서 실내온도는 36℃ 수준이었다. 특히 내부의 온도상승에 가장 큰 영향을 미치는 차양 및 유리의 표면온도는 싱글외피에서 각각 52℃, 57℃까지 상승하였지만, 이중외피에서 38℃, 42℃까지 상승함으로 그 온도차는 차양표면 14 K, 유리표면 15 K 가량 차이가 발생하였다. 그러므로 이는 창과 차양부에서의 복사에 의한 열전달이 이중외피에서 획기적으로 저감될 수 있음을 알 수 있다. 이에 중간기 중에도 냉방을 가동해야 하는 건물의 경우 일사부하를 효과적으로 차단할 수 있어, 공간의 깊이가 크지 않은 건물에서는 추가적 에너지소비없이 자연환기만으로 쾌적한 실내환경 조성이 가능할 것으로 판단된다. 냉방기 실험에서 각 실험실을 냉방온도 26℃도 세팅하여 6주간 실시된 냉방에너지소비량 분석실험결과에 따르면 에너지절감율은 65%에 이르렀다. 하지만 이는 실내의 인체, 조명, 기타기기 등에 대한 고려없이 실시된 실험임으로 실제 현장에서의 결과와는 다소 차이가 있을 수 있다.

#### • 난방기중 실내온도 분포 및 에너지 저감 효과

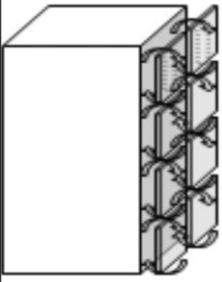
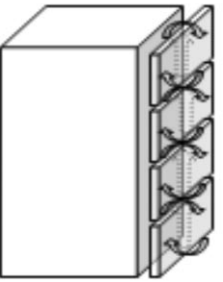
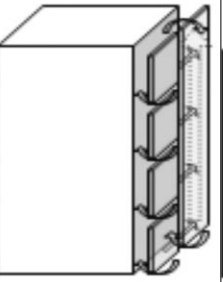
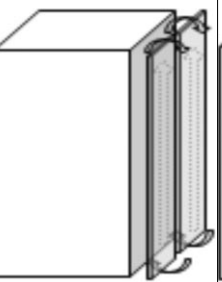
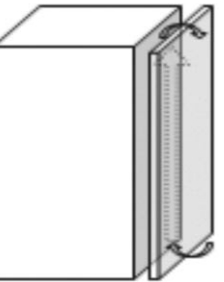





난방기 중 이중외피는 자연환기의 실시 유무에 따라 난방에너지소비에 큰 차이가 발생한다. 상시환기형 이중외피에서 자연환기를 실시하지 않으면 난방에너지소비는 다소 증가하나, 중공층의 예열효과를 자연환기와 연동시키면 환기에 의한 열손실이 뚜렷하게 감소하여 그 효과는 매우 커진다. 또한 난방기 중 자연환기시의 실내쾌적성이 획기적으로 개선되어, 외기조건 5.7℃에

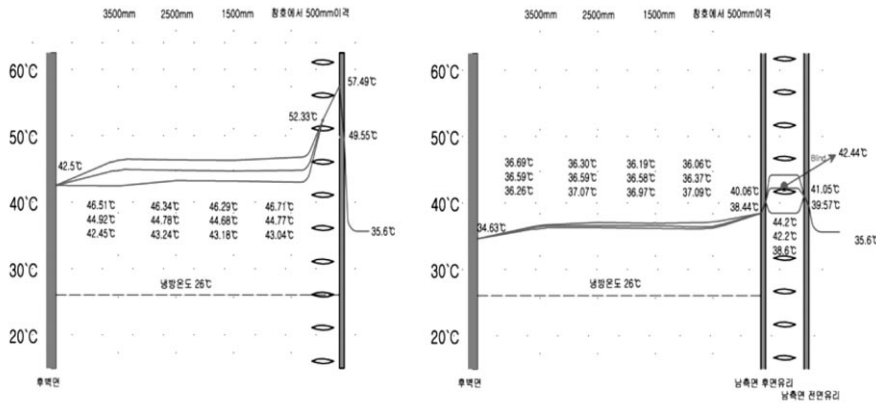
서 자연환기를 실시할 경우 실내온도 분포를 살펴보면, 싱글외피에서는 공간의 상부는 18 ~ 19℃, 하단은 11℃를 유지하여 상하단의 온도차가 7 ~ 8 K 가량 발생한 반면, 이중외피에서는 전체적으로 21 ~ 24℃를 유지함으로써 난방기 쾌적범위를 달성하고 있다. 가장 큰 이유는 싱글외피에서는 외기 5.7℃가 직접 유입된 반면, 이중외피에서는

중공층 중앙부 14.3℃가 실내로 유입됨에 따라 그 효과의 차이가 발생한다. 이는 이중외피의 디자인과 내외창의 개폐방식에 따라 결과의 차이가 크기 때문에 설계시 유의하여야 한다. 자연환기 미적용시 이중외피가 싱글외피 대비 난방기 에너지소비는 약 6.2% 저감하였고, 창 하나만을 틈로 개방하여 자연환기를 실시시 약 13.6% 에너지 저

감효과가 발생하였다. 하지만 본 실험실은 6면체의 6면이 모두 외기에 노출되어 있으므로 실제 건물에서의 난방에너지 저감효과는 상대적으로 더 높게 나타난다. 결론적으로는 일반 싱글유리와 동일한 내부유리를 이중외피에 적용시 단열성능은 약 15 ~ 20% 개선되며, 이와 함께 난방에너지소비 20 ~ 25% 이상 저감되며, 특히 난방기 중 자

〈표 1〉 이중외피 유형 및 특성 분류

층간 연계유무	단층형 이중외피 시스템		다층형 이중외피 시스템		
	-각층별로 동일한 물리적 특성 제공 -적극적 자연환기 반영을 위해 적용		-소음발생이 높은 지역에서 외부소음 차단을 위해 적용 -상층부 높은 중공층 온도로 냉방에너지 저감 효과가 나쁨 -높은 중공층 온도로 난방기 외 자연환기 활용 가능성 낮음		
수평적 분류	① 상자형 (Box Type)	② 복도형 (Corridor Type)	③ 굴뚝-상자형 (Shaft-Box Type)	④ 굴뚝형 (Shaft Type)	⑤ 전면형 (Whole Type)
					
					
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>-가장 일반적 유형으로 컴팩트한 형태</li> <li>-각 실별 특성을 최대한 만족 가능</li> <li>-오염원 및 소음의 수평/수직 전달 가능성 낮음</li> <li>-내측에서 유지관리 가능</li> <li>-LCC 측면에서 가장 유리</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>-700 ~ 1,000 mm의 중공층이 있는 형태</li> <li>-소음/오염원의 인접 공간 수평적 전달 가능성 높음</li> <li>-유지관리성 매우 양호하나 비용 상승</li> <li>-LCC 측면에서 보통</li> </ul>		
			<ul style="list-style-type: none"> <li>-①②와 ④의 혼합형</li> <li>-굴뚝부에 강한 상승기류 유발하여 환기 효과 유도</li> <li>-box 개구부 크기, box에서 shaft로 연결부 크기 결정 매우 난이함</li> <li>-수평/수직 오염원/소음 전달 효과 예방 가능</li> <li>-LCC 평가 난이함</li> </ul>		
			<ul style="list-style-type: none"> <li>-디자인적 단순화 가능</li> <li>-소음발생빈도가 높은 지역에서 효과적임</li> <li>-shaft부 강한 상승기류를 발생시킴</li> <li>-④는 수평 오염원/소음 전달 방지, 수직적 전달 발생 가능</li> <li>-⑤는 수평/수직 오염원/소음 전달 가능성 높음</li> <li>-에너지절감효과 예측 어려워 LCC 평가 난이함</li> </ul>		

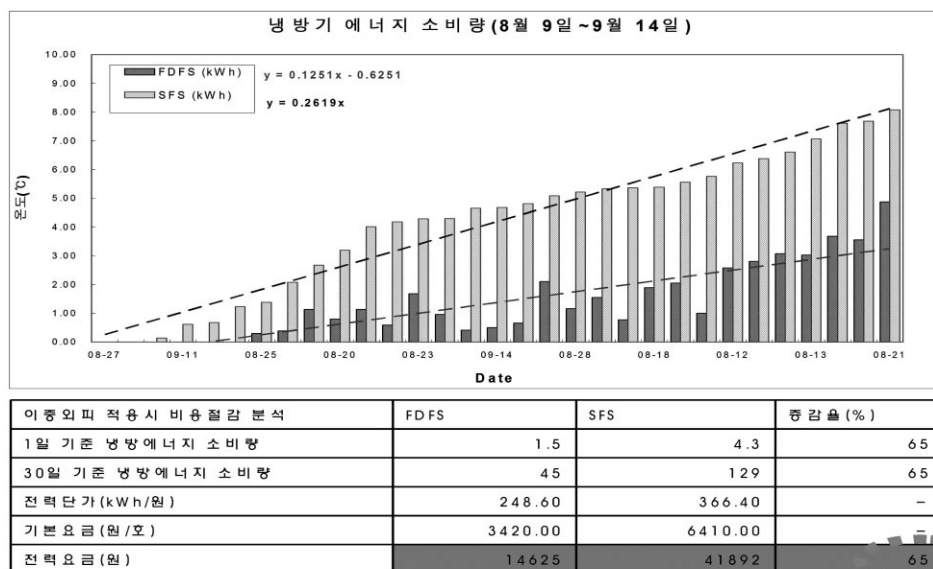


[그림 12] 싱글외피 대비 이중외피 실험실 온도 구배 비교

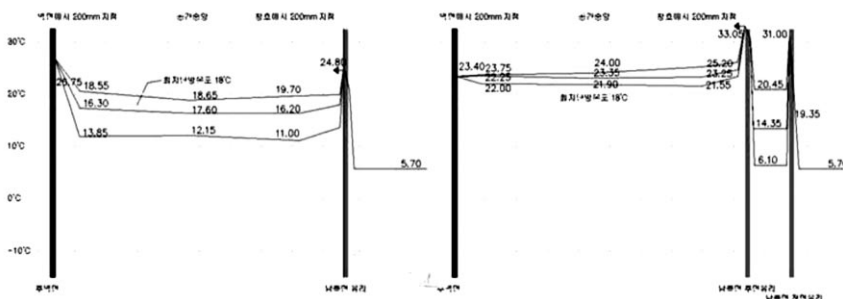
연환기를 적극적으로 활용할 경우 난방에너지 소비량 저감효과는 더욱 커진다.

#### • 자연환기기간 연장효과

이중외피는 계절별 자연환기를 도입하기에 유리하다. 중간기의 경우 일사에 의한 내부발열부하를 최소화하면서 신선한 외기를 도입함으로 자연환기효과를 극대화하기에 효과적이다. 특히 난방기에는 싱글외피의 경우 차가운 외기가 직접 유입됨에 따라 창측과 복도측에 있는 재실자들의 자연환기에



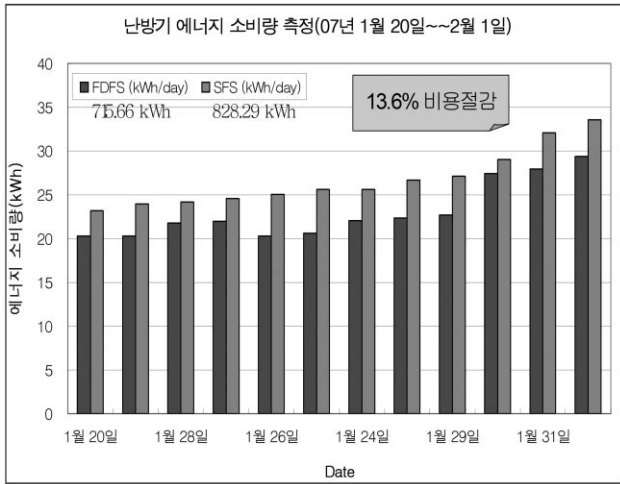
[그림 13] 냉방기 냉방에너지소비량 비교



[그림 14] 난방기 중 자연환기에 따른 실내온도분포 비교

대해 선호도가 서로 달라 자연환기를 실시하는 것이 무리이나, 이중외피에서는 중공층의 예열효과를 극대화하여 따뜻한 외기가 실내로 유입되기 때문에 유효 자연환기시간을 최대 80%까지 연장할 수 있다. 그러므로 추가적 에너지소비 없이 자연환기성능 개선하게 되어 재실자의 실내쾌적성 개선에 기여할 수 있다는 큰 장점이 있다. 물론 이런 효율적인 자연환기 효과는 모





[그림 15] 난방기 중 자연환기시 에너지소비량 비교

퇴하여 실시하였다. 창 조건은 V1 싱글외피 + 외부차양, V2 싱글외피 + 내부차양, 그리고 V3 이중외피를 대상으로 하였다. V1의 경우는 독일에서 통상적으로 접근하는 방식으로 고단열유리에 외부차양을 적용하였고, V2는 국내에서 보편적으로 적용되

결국 유리의 특성상 냉방에너지를 저감하기 위해 일사차단유리를 적용하지만, 그 결과 난방에너지소비가 상대적으로 증가하게 됨으로 실제 적용시는 건물의 용도와 방위 등을 고려하여 설계에 반영하여야 한다. 국내 표준으로 반영한 V2에 비해 이중외피가 적용된 V3에서 냉방에너지소비는 약 40% 그리고 난방에너지소비는 약 30% 저감될 수 있을 것으로 판단되었다. 하지만 이는 내부의 발열부하와 시간대별 부하패턴이 서로 다른 용도의 오피스나 병원 등의 건물에서는 다른 결과가 예상됨으로 설계시 이에 대한 고려가 필



[그림 16] 자연환기시 연막실험. t&t 창(좌), 프로젝트창(중), 이중외피(우)

든 이중외피에서 보장되는 것이 아니라, 설계방향에 따른 큰 차이를 보이게 된다.

#### • 이중외피 적용시 Trnsys 건물에너지 해석

이중외피를 적용한 조건을 기준으로 Trnsys 프로그램을 통해 초고층 주상복합 기준세대를 대상으로 독일의 건물 에너지해석 시뮬레이션 전문기업에 의

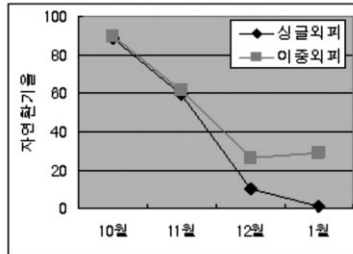
는 고단열 일사차단유리와 내부차양을 기준으로 적용하였으며, V3는 이중외피의 경우로서 중공층에 차양을 설치한 경우를 가정한 것이다. 상세조건은 아래의 도표와 같다. 이론적으로는 내부차양이 적용되는 경우에 난방에너지 소비가 외부차양 대비 적게 나와야 하지만 실제로는 일사차단유리를 적용함에 따라 일사유입량이 낮음으로 인해 난방에너지소비가 오히려 증가하였다.

요하다.

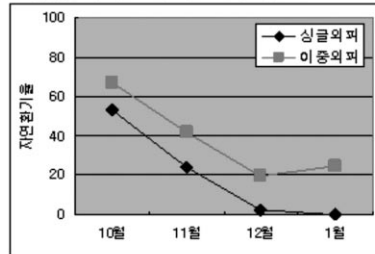
## 5. 해외사례 및 국내 현장적용 사례

현재 이중외피는 90년대를 시작으로 현재까지 독일은 400여 현장에 다양한 컨셉으로 적용하여 이중외피분야에서 가장 선도적인 역할을 담당하고 있다. 국내의 경우는 90년대 초반 이후 이중

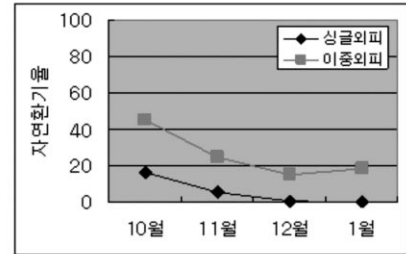
### ■ 0~24시 중 자연환기 가능 온도빈도 검토



10°C 이상에서 자연환기시

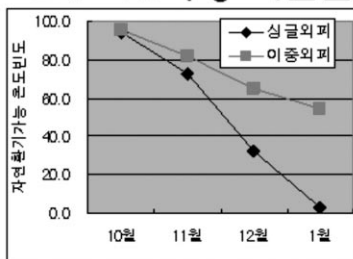


15°C 이상에서 자연환기시

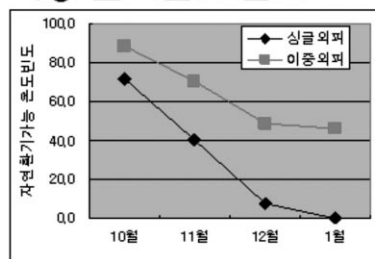


20°C 이상에서 자연환기시

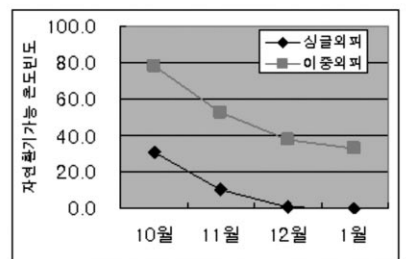
### ■ 8~18시 중 자연환기 가능 온도빈도 검토



10°C 이상에서 자연환기시



15°C 이상에서 자연환기시



20°C 이상에서 자연환기시

[그림 17] 난방기 중 자연환기 빈도 비교

〈표 2〉 Trnsys 시뮬레이션 케이스별 조건

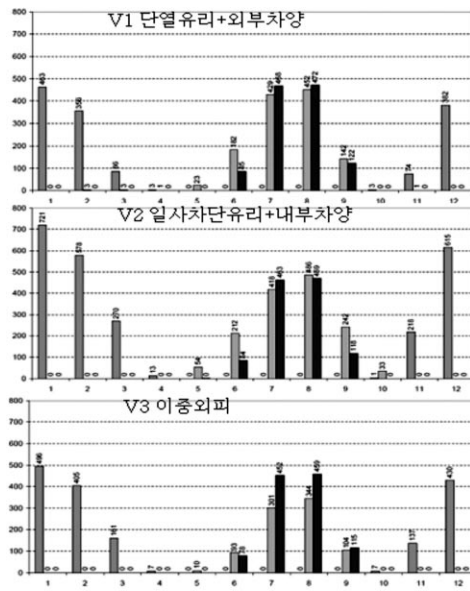
구분	외피조건	시뮬레이션 상세조건	대상 건물 도면
V1	싱글외피	<ul style="list-style-type: none"> <li>복층 단열유리 적용</li> <li><math>G=0.59</math>, <math>U_g=1.3 \text{ W/m}^2\text{K}</math>, <math>U_f=2.3 \text{ W/m}^2\text{K}</math></li> <li>가동 외부차양 적용, SC값=0.15</li> </ul>	
V2		<ul style="list-style-type: none"> <li>복층 일사차단유리</li> <li><math>G=0.33</math>, <math>U_g=1.3 \text{ W/m}^2\text{K}</math>, <math>U_f=2.3 \text{ W/m}^2\text{K}</math></li> <li>내부 롤스크린 적용, SC값=0.8</li> </ul>	
V3	이중외피	<ul style="list-style-type: none"> <li>외부싱글유리, <math>G=0.8</math>, <math>U_g=5.7</math>, <math>U_f=2.3</math></li> <li>내부단열유리, <math>G=0.59</math>, <math>U_g=1.3</math>, <math>U_f=2.3</math></li> <li>중공층 블라인드 적용, SC값=0.2(cut-off)</li> <li>중공층 환기횟수는 외기/중공층의 온도차를 기준으로 외피 1 m 당 환기 횟수로 산정함 [<math>ACR=130 \times \Delta T^{1/2}</math> (1/h)]</li> </ul>	

외피가 도입되었으나, 대부분 Whole Type 중심으로 적용되었으며, 최근에는 박스형과 복도형 등의 이중외피도 한국건설기술연구원을 중심으로 다양하게 적용되고 있다.

## 6. 이중외피 향후 기대효과

• 이중외피를 통한 건물에너지소비 개선  
국내의 기후와 같이 양면성이 가진 뚜렷한 냉난방기로 인해 이에 동시에 대응할 수 있는 창호 대안이 요구된다. 기

본적으로 창호의 열관류율은 가능한 낮은 값으로 적용해야 한다. 현재 국내 대부분의 현장에서 적용되는 싱글외피에 내부차양 적용시는 G값(SHGC값)은 냉·난방기 비슷한 수준으로 높게 발생함에 따라, 난방기 중에는 이상적이거나, 냉방기 중에는 추가적인 일사유입



	난방	침실	거실/부엌	기타	총난방부하	in %
V1	[kWh/a]	893	424	49	1367	56.6%
	[kWh/m²a]	18	8	2	10	56.6%
v2	[kWh/a]	1570	762	85	2416	100.0%
	[kWh/m²a]	31	14	3	18	100.0%
v3	[kWh/a]	1075	503	65	1642	68.0%
	[kWh/m²a]	21	9	3	12	68.0%

	냉방(현열)	침실	거실/부엌	기타	총현열부하	in %
V1	[kWh/a]	506	730	0	1236	85.4%
	[kWh/m²a]	10	13	0	9	85.4%
v2	[kWh/a]	622	825	0	1447	100%
	[kWh/m²a]	12	15	0	11	100%
v3	[kWh/a]	289	563	0	852	58.8%
	[kWh/m²a]	6	10	0	6	58.8%

	냉방(잠열)	침실	거실/부엌	기타	총잠열부하	in %
V1	[kWh/a]	476	671	0	1146	100%
	[kWh/m²a]	9	12	0	9	100%
v2	[kWh/a]	467	667	0	1134	100%
	[kWh/m²a]	9	12	0	9	100%
v3	[kWh/a]	444	660	0	1104	97.3%
	[kWh/m²a]	9	12	0	8	97.3%

[그림 18] 케이스별 Trnsys 시뮬레이션 결과

이 매우 높음으로 이에 대한 대응이 필요하게 된다. 특히 투과율이 낮은 고단열유리는 유입되는 일사량은 다소 감소하지만 주간중 발생이 열이 야간중 외부로 효과적으로 빠져나가지 못함으로 냉방부하는 다소 감소하지만 냉방기간이 연장될 수 있어 냉방에너지저감효과가 크지 않을 수 있음으로 북향은 큰 문제가 없지만, 유입일사량이 많은 향의 경우 설계시 유의하여야 한다. 외부차양 적용시는 G값(SHGC값)은 낮기 때문에 냉방기 중에는 효과적이거나, 난방기 중 가동시는 오히려 일사의 유입을 저해하기 때문에, 난방기에는 외부차양을 미가동하며, 내부에 롤스크린과 같은 차양을 적용하면 가장 효과적이다. 그러므로 이와 같은 문제를 해결하기 위해 싱글외피에서 내부 및 외부차양을 동시에 적용하는 것은 비용경제적 측면에서 현실적으로 쉽지 않다. 이에 이중외피는 중공층에 차양을 설치하여, 차양가동과 내외부창의 개폐방

식의 합리적 조합으로 냉방기뿐만 아니라 난방기에 효과적으로 에너지절감 및 쾌적성의 개선이 가능하다. 특히 냉방기는 중공층의 온도상승으로 인한 과열을 효과적으로 예방하기 위해서 외창이 가능한 전면 개방할 수 있는 구조여야 하며, 또한 난방기에는 반대로 중공층의 예열을 활용하기 위해 외창의 on/off 제어가 필요하게 된다. 그러므로 이와 같은 내용은 설계단계에서 건물용도, 건물형 등을 면밀하게 검토하여 건물의 디자인에 맞는 계절별 작동전략의 수립이 필요하다.

#### • 한국형 에너지절약 이중외피 설계기술

흑한기와 흑서기가 동시에 존재하는 우리나라의 기후적 영향으로 인해 난방기를 동시에 합리적으로 대응할 수 있는 기술로서 향후 이중외피는 활성화될 것으로 판단된다. 하지만, 모든 이중외피가 에너지절감 성능이 뛰어난 것은 아니며, 건축가와 엔지니어의 설

계의 방향에 따라 그 결과는 큰 차이가 나고, 대부분의 경우 난방기 효과는 있지만, 설계가 잘못될 경우 중간기 및 냉방기 에너지절감효과 및 자연환기효과에 오히려 부정적 영향을 미칠 수 있다는 것은 유념해야 할 부분이다. 물론 전동으로 작동되는 고가의 이중외피도 반드시 좋은 결과를 낳는 것도 아님으로 이에 대한 접근은 이미 설계단계에서 접근목표에 따라 면밀히 검토 후 적용방안을 수립하여야 한다. 그 이유는 기존 창호엔지니어들의 주요 관점이 단열, 결로, 기밀, 풍압 등이었다고 하면, 이중외피를 이해하기 위해서는 기존의 주요 관점들과 함께 기류, 에너지, 온열환경 등을 추가적으로 이해할 수 있어야 하기 때문이다. 이의 이해를 바탕으로 이중외피에 의한 통합적인 접근이 요구되며, 이는 중공층과 같은 하나의 물리적 공간에서 자연현상에 의한 영향은 매우 큰 차이가 발생하기 때문에, 가능한 단순한 디자인을 통해 풀

어나가는 것이 바람직 할 것으로 판단 된다. 디자인이 복잡하면 결국 이중외피를 통한 물리적 현상도 복잡하게 되어, 엔지니어가 의도했던 방향으로 결

과가 수립되지 않을 가능성이 높다. 특히 이와 같은 이중외피 설계는 한국적 시공현장의 현실을 반영하여 접근되어야 한다.

현재 정부는 건축분야 에너지절감을 위한 정책의지가 확고하다. 에너지 절감 잠재력이 높은 건축분야에서의 에너지절감을 위한 정책로드맵에서 2017



독일 Berlin시 GSW Headquarter(1997) 적용 22층 whole type 이중외피

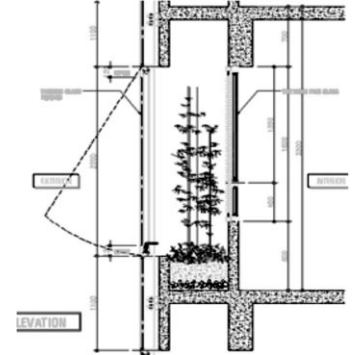


독일 Nuernberg시 Business Center(1999) 적용 컴팩트형 이중외피

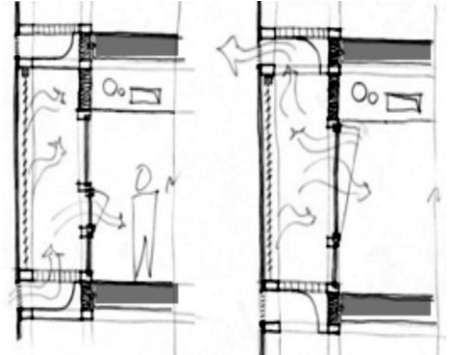
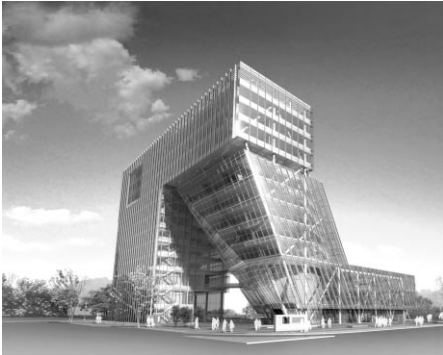


독일 Essen시 RWE Center (1995) 적용 컴팩트형 이중외피

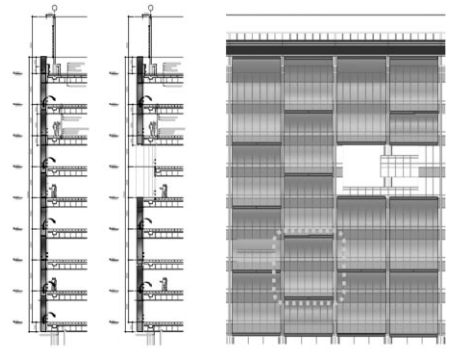
[그림 19] 이중외피 독일 사례



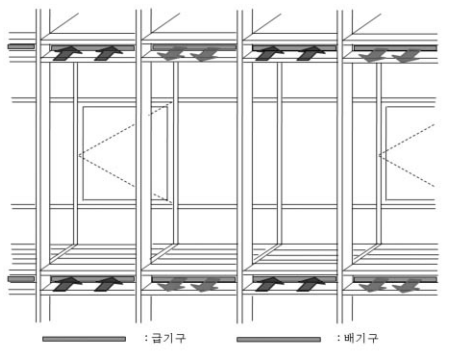
서울 동답초등학교(2006) 적용 corridor type 이중외피



LG전자 전북지사(2010) 적용 컴팩트형 이중외피

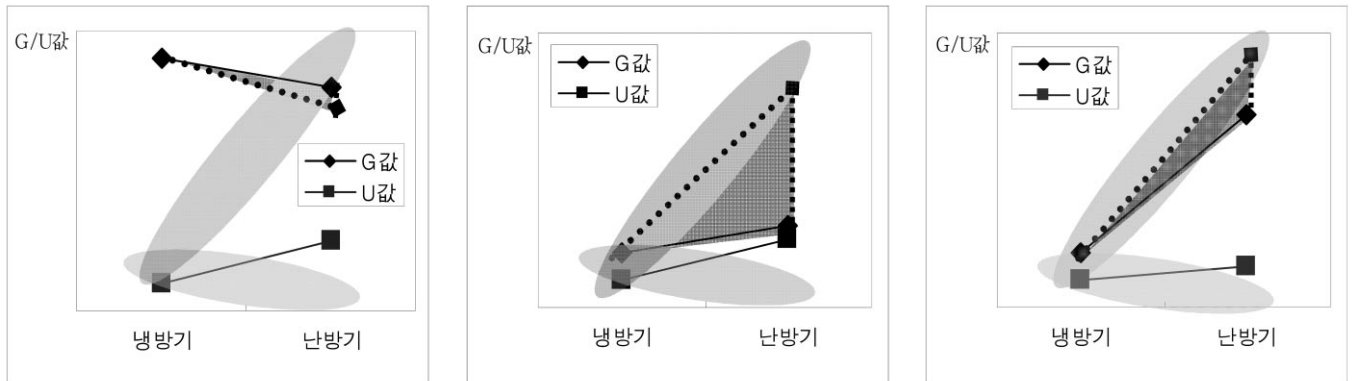


삼성 Global Engineering Center(2011) 적용 다층구조 이중외피



분당 서울대학교 병원 증축공사(2012) 적용 corridor type 이중외피

[그림 20] 한국건설기술연구원의 이중외피 국내 현장적용 사례



[그림 21] 온난기후대에서의 차양적용시 건물외피의 에너지관리 경향,  
표시부는 이상적 열관리 영역을 의미함. 좌: 내부차양, 중: 외부차양, 우: 이중외피

년 90% 에너지를 저감하는 패시브 하우스를 의무화할 것이며, 그리고 2025년부터는 에너지소비 '0'인 제로에너지 하우스를 의무화하며, 제로에너지 그린빌딩의 경우도 단계적으로 의무화될 예정이다. 건물의 에너지소비에서 가장 취약한 부분은 창호부분으로서 향후 건물의 에너지소비 체질 개선을

위해 원칙적으로 향상이 필요한 분야임으로 이에 대한 기준도 결국 지속적으로 강화될 것으로 판단된다. 정부에서 운영하고 있는 건축물에너지효율등급 인증에서는 냉방/난방/조명/환기/급탕 에너지를 다루며 1등급이 300 kwh/m<sup>2</sup>y 이하로 정의되고 있고, 오피스를 기준으로 하여 냉방과 조명부하

비율이 50% 수준에 이른다. 그러므로 냉방부하가 높은 오피스 건물에서는 이중외피와 함께 외기의 영향을 적게 받는 차양을 통합하여 자연채광기능을 확보할 경우 건물의 에너지절감을 가장 큰 두가지 주제를 해결하였다고 할 수 있다. 