

[논문] 한국태양에너지학회 논문집
Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol. 24, No. 2, 2004

통기벽체적용 건물에서의 일사열 제거효과 검토

김상진*, 금종수**, 최광환***, 신병환****, 정용현*****

* 부경대학교 대학원(sjin@budco.co.kr), ** 부경대학교 냉동공조공학과(jskum@pknu.ac.kr),
*** 부경대학교 냉동공조공학과(choikh@pknu.ac.kr), **** 부경대학교 대학원(shinbh@coolandmild.com),
*****부경대학교 환경공학과(chungyh@mail1.pknu.ac.kr)

A Study of Solar heat removal Impact with Air-Vent Wall

Kim, Sang-jin*, Kum, Jong-Soo**, Choi, Kwang-Hwan***,
Shin, Byong-Hwan****, Chung, Yong Hyun*****

*Dept. of Refrigeration & Air-Conditioning Engineering, Graduate School, PukyongNational Univ.(sjin@budco.co.kr),
**Dept. of Refrigeration & Air-Conditioning Engineering, Pukyong National Univ.(jskum@pknu.ac.kr),
***Dept. of Refrigeration & Air-Conditioning Engineering, Pukyong National Univ.(choikh@pknu.ac.kr),
****Dept. of Refrigeration & Air-Conditioning Engineering, Graduate School, PukyongNational Univ.(shinbh@coolandmild.com)
*****Dept. of Environmental Engineering, Pukyong National Univ.(chungyh@mail1.pknu.ac.kr)

Abstract

Ventilation through air vent system in a building envelope is expected to be an effective measure to release solar radiation. An external surface of a wall absorbs solar radiation, and transfers it to the air in the cavity. The warmed air gets buoyant force. So when openings are provided at the top and bottom of the cavity, the warmed air is released through the top opening and cooler outside air replaces the space in the cavity. This reduces the further heat transmission into the built environment. This natural ventilation effect seems to be steady and strong.

So because of the cavity and the openings, the cooling load reduction by natural ventilation is believed to be considerable.

Keywords : 일사열 제거(Solar heat removal), 통기벽체(Air vent wall), 중공층(Wall Air Cavity), 자연환기(Natural Ventilation)

1. 연구의 배경 및 목적

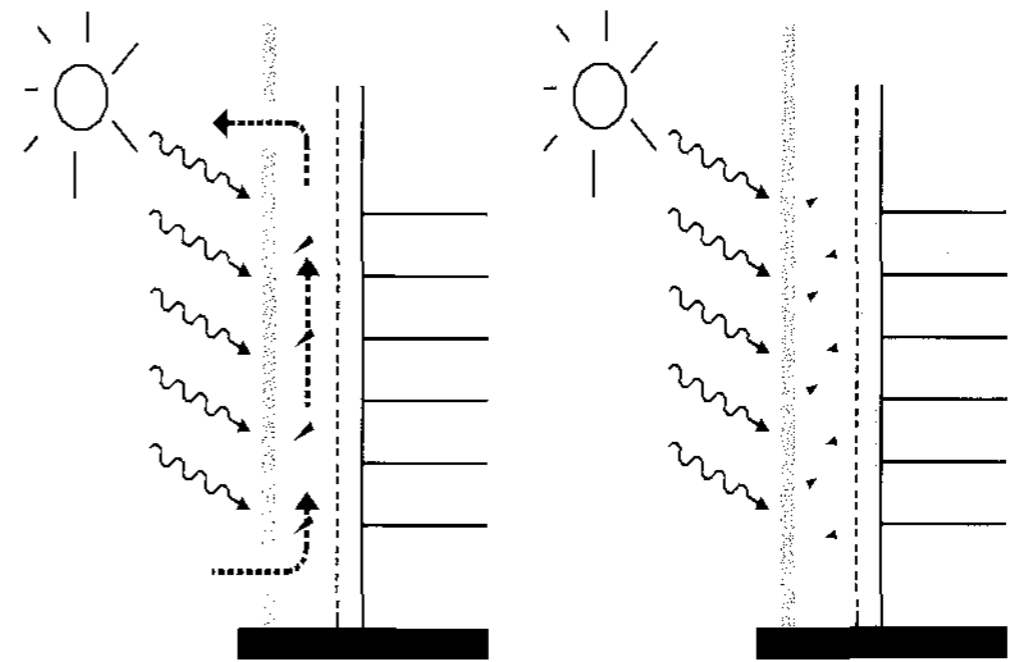
국내 총에너지소비량 중 건물에서의 에너지 소비량은 약 25%³⁾에 이르고 있으며, 건물에서의 에너지 소비량이 상대적으로 높은 이유는 열적으로 취약한 외피부분에 기인한다고 할 수 있다. 따라서, 건축물에서의 에너지 절약을 위해서는 건물외피를 통한 열손실을 최소화하는 방안이 필요하며 국내에서도 에너지관리공단 및 에너지기술연구소 등에서 통기벽체 및 더블스킨과 같은 이중구조의 벽체에 관한 연구가 활발하게 수행되고 있다.

본 연구에서는 여름철 냉방부하를 절감시키기 위한 방안으로 통기벽체가 적용된 건물의 에너지 절약효과를 평가하고 검토하기 위하여 통기벽체가 적용된 건물의 실측을 수행함으로써 통기벽체의 전열 특성을 파악하고, 통기구조에 의해 제거되는 열량을 정량적으로 파악하였다.

2. 통기벽체 적용에 대한 개요

에너지 절약을 위한 Passive적 수법으로는 여러 가지 방안이 강구될 수 있으나, 건물 외피를 통한 열손실을 줄이기 위해 적절한 단열을 실시하는 것이 일반적이라 할 수 있다.

본 연구에서 제안하는 공법은, 건축물의 고층화에 따라 건물의 경량화를 유지하기 위한 기존의 커튼월 시스템에서 메탈트러스와 커튼월 사이에 위치하는 밀폐 공기층의 상하부에 개구부를 설치함으로써 자연대류에 의해 공기층의 온도를 저하시키는 방법으로, 여름철 외피로부터의 냉방부하를 저감시키는 공법이다. 즉, 그림 1에 나타낸 것과 같이 벽에 일사가 입사하는 경우 기존의 커튼월 시스템 내부의 공기층 온도는 외기온보다 현저하게 높아지게 되므로, 자연환기에 의해 외기를 유입시킴으로서 실내로 유입되는 열을 줄이는 방안이다.



(a) 하계 (b) 동계
그림 1 통기벽체 적용에 대한 개요

이 공법은, 일사에 의해 상승한 공기층의 온도와 외기온과의 차에 의한 밀도차를 원동력으로 통기부를 지나가게 함으로써 실내로 유입되는 열의 일부를 실외로 특별한 동력의 공급없이 배출시킬 수 있다. 이 효과에 의해 공기층 내부 온도가 저하되고, 동시에 외부마감재가 냉각되므로 마감재로부터 실내측 벽으로 전달되는 대류전열 및 복사전열이 감소될 것으로 기대된다.

3. 실 측

실험은 1999년 7월 18일부터 8월 31일까지, 실제 통기구조 적용한 건물을 대상으로 하여 실시하였다. 실측실험을 통해 신단열 통기구조의 전열 특성을 파악하고, 실내로 침투하는 열량과 통기구조에 의해 제거되는 열량을 정량적으로 파악함으로써 통기구조를 가지는 벽체의 에너지 절약효과를 검토하였다.

3.1 실측건물

신단열 통기구조를 적용한 건물은 현재 부산시 중구 범천동에 위치하고 있으며, 업무시설로서 사무실로 주로 사용하고 있다. 건축물의 총높이는 110.8m이며, 통기층 두께는 최대 15cm이다. 주위환경은 건물의 주위에 고층건물이 없어 4방위 모

3) 에너지경제 연구원(<http://www.keei.re.kr>)

두 일사를 받을 수 있으며, 상세한 실측건물의 개요를 표 1에 나타낸다.

표 1 실측건물

위치	부산직할시 진구 범천동 863-1외 (위도 35.1°, 경도 120.01°)	
구조	철골 철근 콘크리트조	
용도	업무시설	
건축 규모	층수	지상 26층, 지하 7층, 옥탑층
	연면적	56,334.26 m ² (17,070.9평)
	공조 면적	기준층 : 1133.5 m ² 합 계 : 29,860 m ²
층고	기준층: 4.0 m 총높이: 110.8 m	
열원	냉열원	흡수식 냉온수기 300RT 3대(업무용) 100RT 1대(근생용)
공조 방식	CAV+FCU : 1, 4, 5, 12, 25 FL VAV+FCU : 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13~24 FL CAV : 2, 3 FL	

3.2 실측시스템의 구성

실측대상 건물에 적용된 통기벽체의 전열특성을 파악하기 위하여, 열전대, 습도계 및 열선풍속계를 설치하였으며, 그 외 외기조건을 측정하기 위해 기압계 및 풍향 풍속계를 설치하였다. 측정은 매 5분 단위로 24시간 동안 실시하였다. 한편, 일사량은 부산지방 기상대에서 1시간 간격으로 측정된 데이터를 이용하였으며, 직산분리한 후, 각 방위별 일사량을 추정하였다.

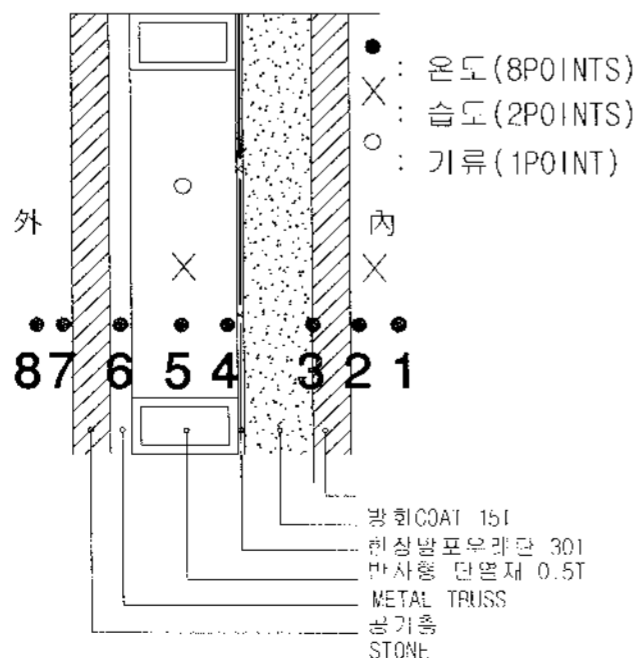


그림 2 측정위치의 상세

측정센서는 각 방위별로 통기층의 입구와 출구, 하층부(5층), 중층부(14층), 상층부(23층)로 구분하여 설치하였으며, 센서의 설치위치 및 상세를 그림 2과 표 2에 나타낸다.

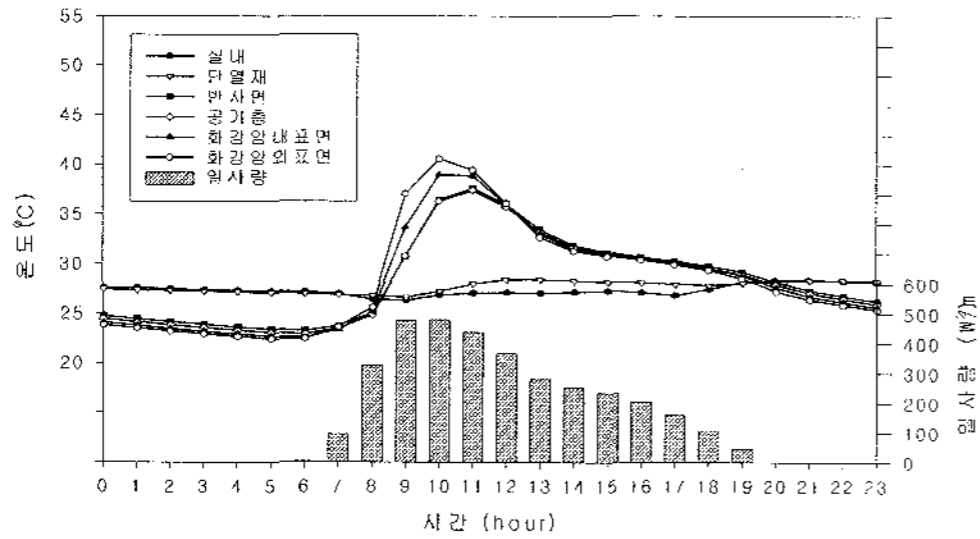
표 2 측정위치

측정 위치	측정 항목
통기층 입·출구	온도 1, 기류 1, 습도 1
5층 벽체(하층부)	온도 8, 기류 1, 습도 2
14층 벽체(중층부)	온도 8, 기류 1, 습도 2
23층 벽체(상층부)	온도 8, 기류 1, 습도 2
옥상층	습도 1, 기압 1, 온도 1, 풍향 1, 풍속 1
지상층 (옥외)	기압 1, 온도 1, 습도 1

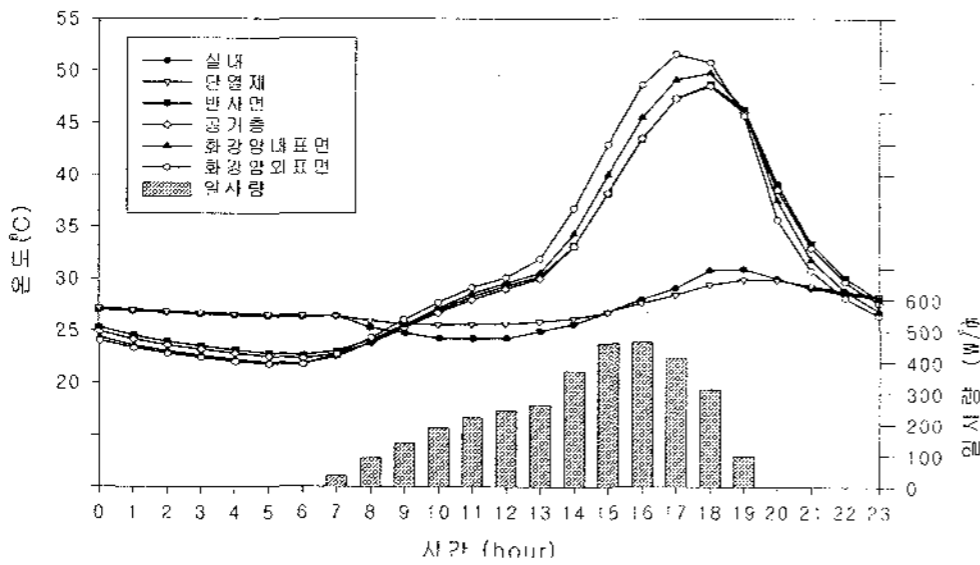
4. 실측결과

그림 3은 각 방위에서 통기층을 중심으로 한 각 부재의 하루 중 온도변화와 일사량의 변화를 나타낸다. 일사를 받기 시작하는 시간에 각 부재의 온도가 상승하기 시작하고 있으며, 직달일사를 받는 시간에는 그 변화가 현저하게 나타나고 있다. 그리고, 온도가 최고에 도달하는 시간은 하루 중 최대의 일사량을 받는 시간보다 1~2시간 정도 늦게 나타나고 있음을 알 수 있으며, 야간에 각 부재의 온도분포는 주간과는 반대의 경향을 나타내고 있다.

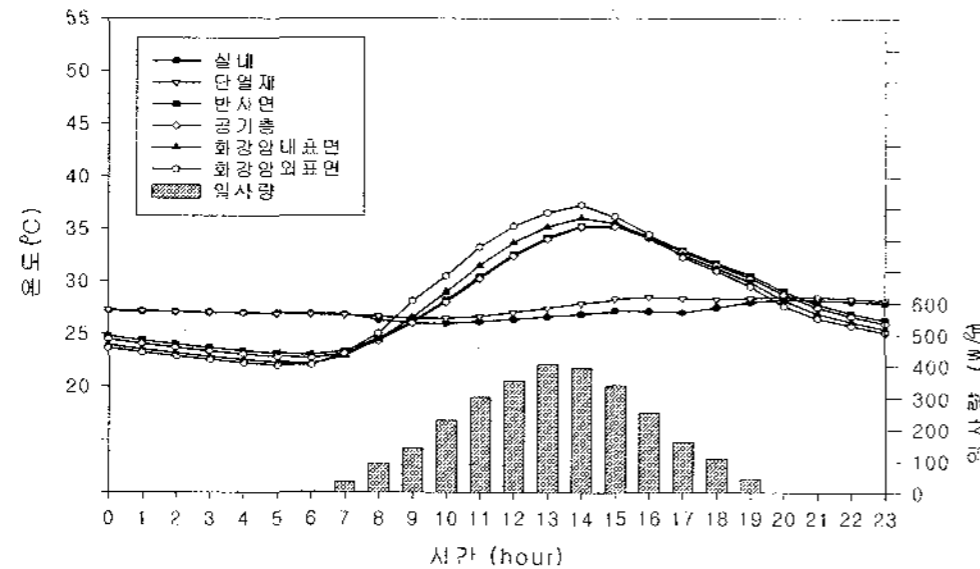
방위별 온도분포는, 동쪽의 외표면 온도가 아침에 직달일사를 받아 빠른 속도로 상승하지만 최고 온도가 41°C 정도에 도달한 후, 천천히 하강하고 있다. 반면, 서쪽의 경우에는 외기온에 의해 어느 정도 가열되어진 후에 직달일사를 받기 때문에 최고온도가 52°C까지 상승하고 있다. 그리고, 태양의 고도가 높아 직달일사의 영향을 적게 받는 남쪽의 경우에는 서서히 가열되어 최고온도가 37°C 정도에 이른 후 서서히 냉각되었으며, 북쪽의 경우에는 최고온도 33°C 정도로 외기온과 큰 차이가 없음을 알 수 있다.



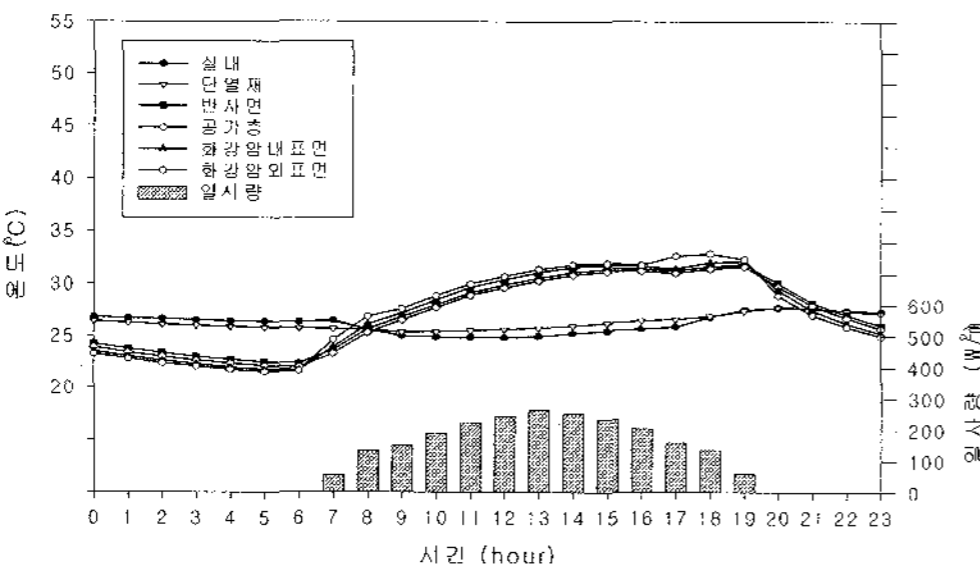
(a) 동쪽



(b) 서쪽



(c) 남쪽



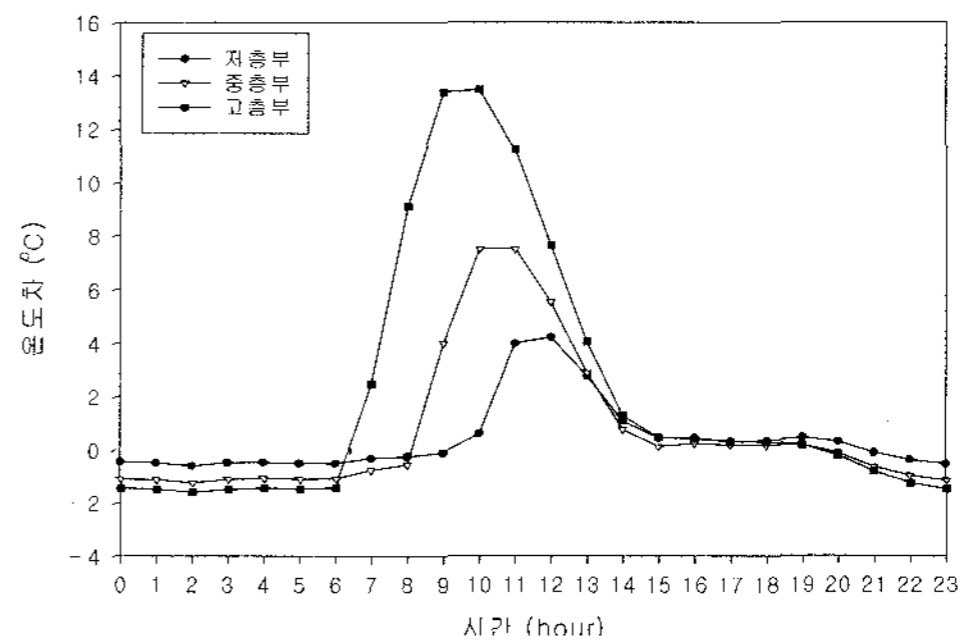
(d) 북쪽

그림 3 일사량과 각 부재의 온도변화

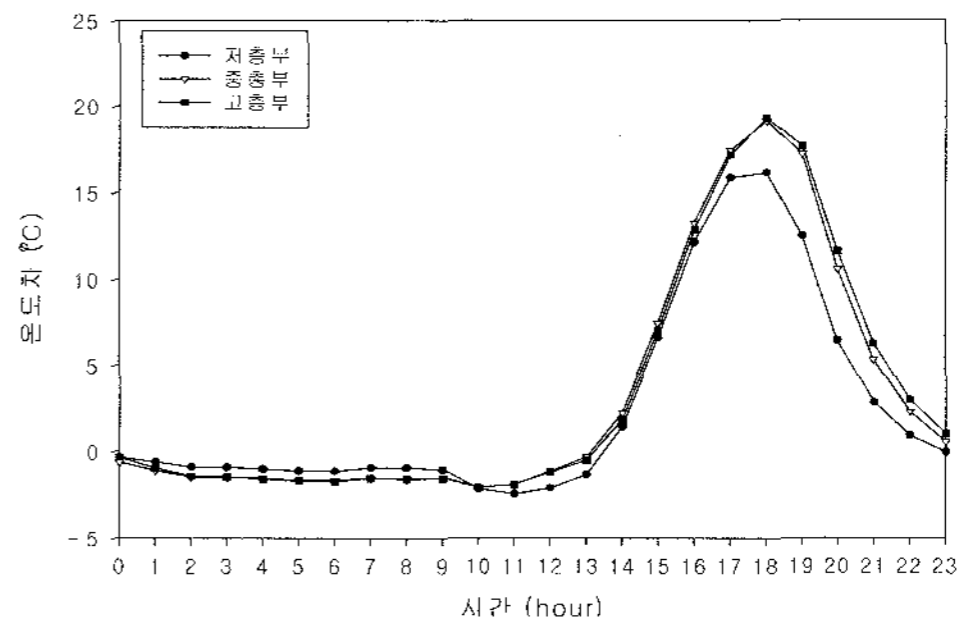
본 연구에서는 하절기 남중고도가 높으므로 남쪽은 일사의 영향을 동쪽과 서쪽에 비해 크게 받지 않는 것으로 판단되므로, 일사의 영향을 많이 받는 것으로 판단되는 동쪽과 서쪽에 관하여 검토하였다.

그림 4는 벽체 각 측정위치에서의 통기층 내부의 온도와 통기층의 입구 온도와의 차를 나타낸 것이다. 동쪽에서는 높이에 따라 균일한 상승폭을 보이고 있으며, 상층부-중층부-저층부의 순으로 온도가 상승하기 시작하는 것을 알 수 있다. 이는 저층부에서는 통기층 입구에서 유입되는 공기에 의해 어느 정도의 냉각 효과가 있다는 것을 시사하고 있다. 그리고, 직달일사를 받지 않는 시간대에는 온도상승이 없음을 알 수 있다.

한편, 서쪽 벽체의 경우, 직달일사를 받지 않는 시간대에는 동쪽벽체와 같이 온도상승이 거의 없는 것을 알 수 있다. 그리고, 입구에서 하층부사이의 온도상승폭은 상당히 크지만 중층부와 고층부사이에서는 온도상승이 거의 나타나지 않고 있다. 따라서, 통기구조를 건물에 적용하기 위해서는 방위에 따른 특성을 고려한 상하 통기구의 적절한 zoning이 필요할 것으로 판단된다.

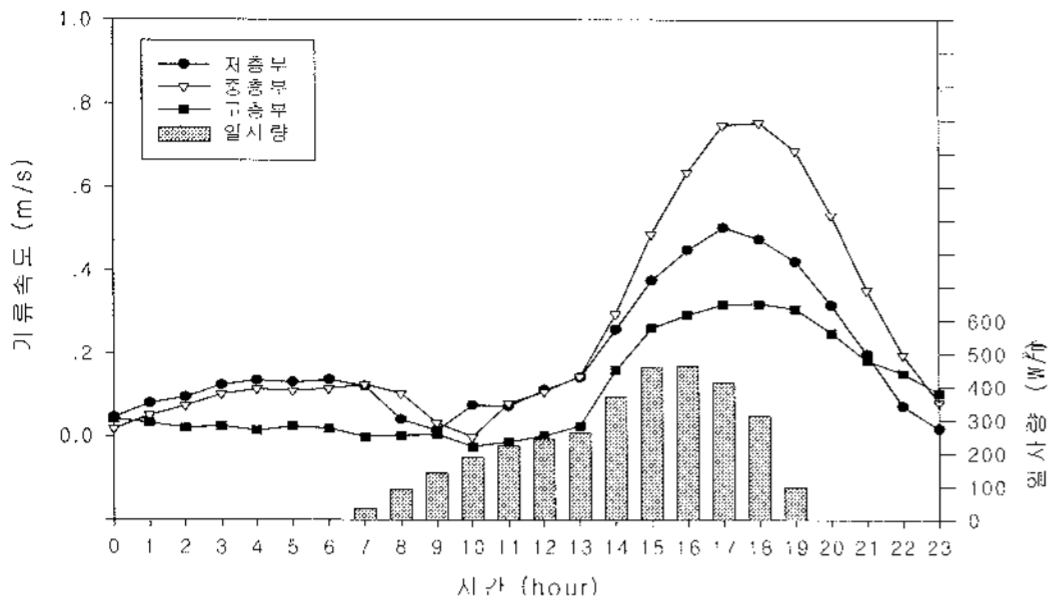


(a) 동쪽

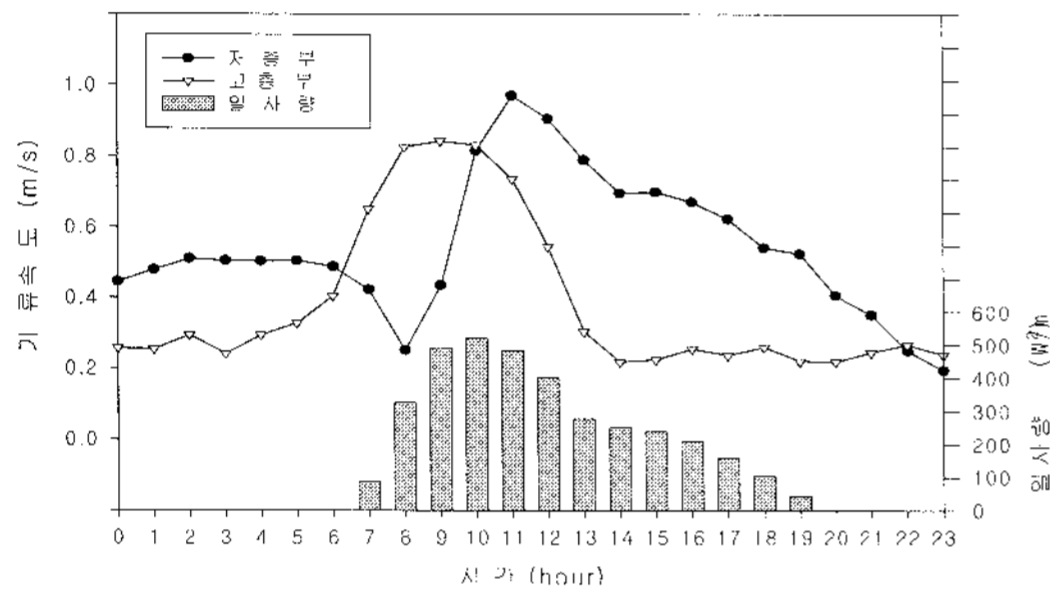


(b) 서쪽

그림 4 통기층내 온도상승



(a) 동쪽



(b) 서쪽

그림 5 통기층내 기류속도

그림 5는 동쪽과 서쪽 벽체에서의 일사량과 통기층내의 기류속도 변화를 나타낸 것이다.

주간에는 일사의 영향으로 통기층 내부와 외기의 온도차가 크기 때문에 상당히 빠른 기류속도를 보이며, 야간에도 건물에서 빠져나가는 열에 의해 통기층내의 온도가 실외의 온도보다 높기 때문에 주간보다는 느린 속도이지만 기류가 발생하게 된다는 것을 알 수 있다. 따라서, 기류속도가 거의 제로에 가까워지는 시간은 아침에 일사를 받기 시작한 후 약 4시간이 경과한 시점과 일몰 후 4시간 정도 경과한 시점으로 나타났다.

실측결과로부터 하계에는 통기층을 전일 개방해 둠으로써 주간에는 일사에 의한 실내로의 유입열량을 배제시키는 효과가 있으며, 야간에도 건물이 가진 축열량을 대폭 제거함으로써 공조운전 개시시의 축열부하를 절감시킬 수 있다는 것을 알 수 있다.

5. 계산에 의한 전열량 비교

5.1 응답계수법(HASP8001)

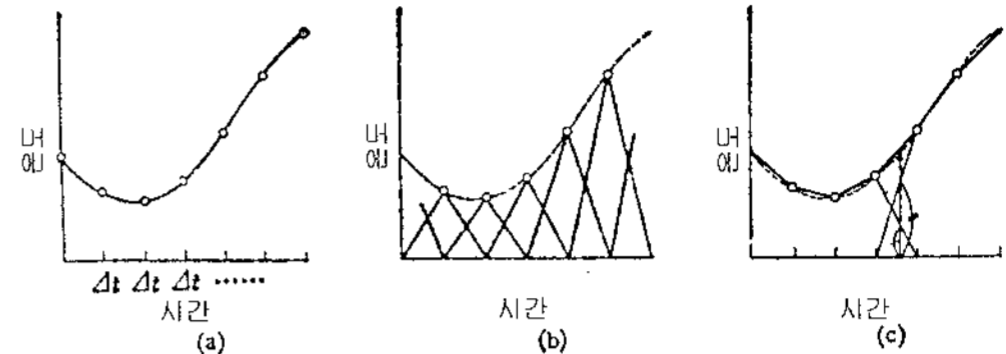


그림 6 삼각온도파의 생성

그림 6(a)의 곡선을 예를 들어 외기온도의 변동을 나타내는 것으로 생각한다면, 부하계산에서는 이러한 연속곡선 데이터를 사용하는 것이 없으므로 실제 외계조건으로 사용되어 지는 것은 (a)의 곡선상의 점으로 나타나 있는 Δt 시간간격의 샘플값이다. 여기서, (b)와 같이 샘플값을 정점으로 하는 시간축상의 샘플시각에서 $-\Delta t$ 의 점과 $+\Delta t$ 의 점에 다리를 걸친 이등변삼각형의 형태로 입력되는 것으로 해석한다. 다시 말해 1개의 삼각형은 전후 $2\Delta t$ 시간에 있어 삼각형상의 온도변화를 나타내고, 이러한 「삼각온도파」가 Δt 간격으로 다음에 생성되어진다.

그림 7(a)와 같은 벽이 있을 때, 최초에는 외기, 실내공기, 벽체내부 모두가 같다면 당연히 열의 유

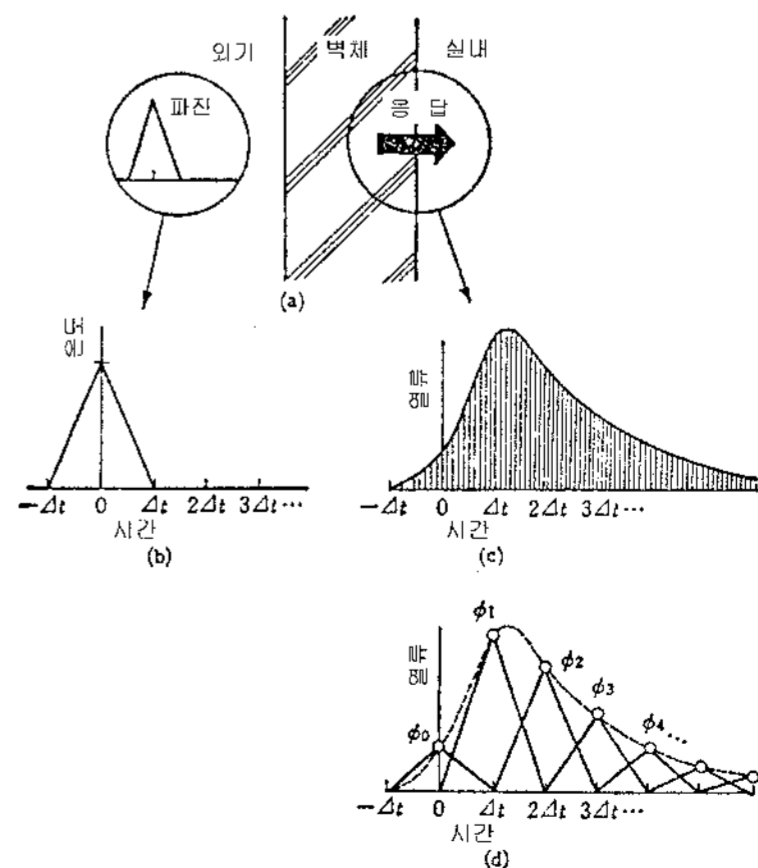


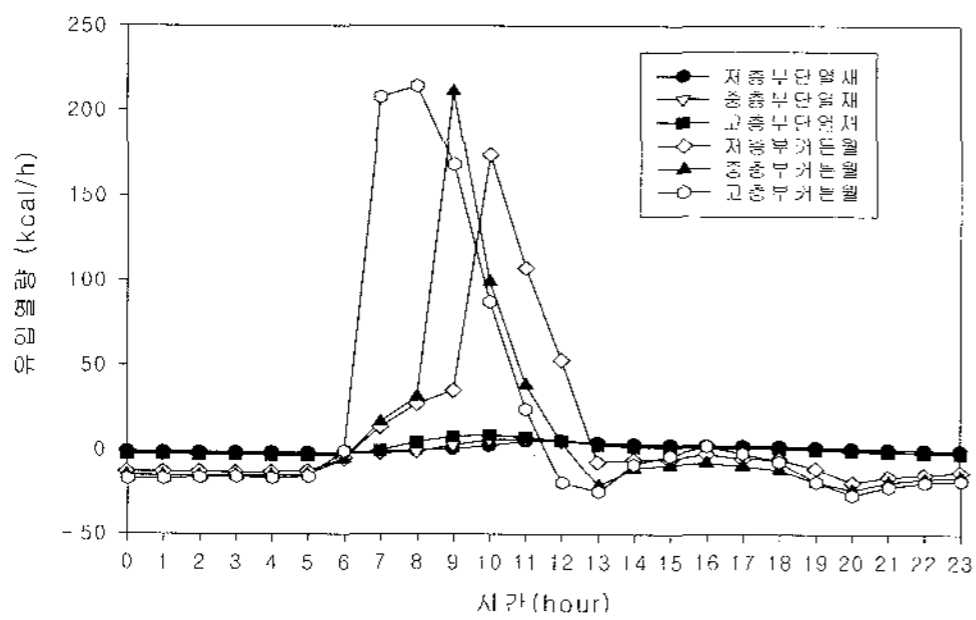
그림 7 응답계수

입도 존재하지 않는다. 여기서, 외기측에서 (b)에 나타난 것과 같은 삼각파형의 온도변동이 생긴다면 변동개시의 순간부터 외기측에서 실내측으로 열의 유입이 발생한다. 이때 실내측 벽표면에서 유입하는 열류량은 (c)와 같다. 건축물의 벽체는 열용량을 가지고 있기 때문에, 열이 관류하는 과정에서 벽체내에 일시적으로 축적되어 체류하는 현상이 발생하고, 유입열은 벽체의 열용량에 대응하여 시간지체를 수반한다. (c)의 곡선을 다시 Δt 시간간격으로 삼각파를 구성하면 (d)로 된다. 이상을 요약하면 벽체(a)의 단위삼각파온도(b)가 작용한 결과 (d)의 일연의 삼각파형으로 표시되는 열류가 발생한 것이다. (d)의 각삼각파의 정점의 높이를 순서대로 $\phi_0, \phi_1, \phi_2, \phi_3, \dots$ 로 되며, 일반적으로 ϕ_i 는 여진의 시점에서 $i\Delta t$ 시간후에 생기는 응답의 크기를 나타내고 이것을 응답계수(response factor)라 부른다.

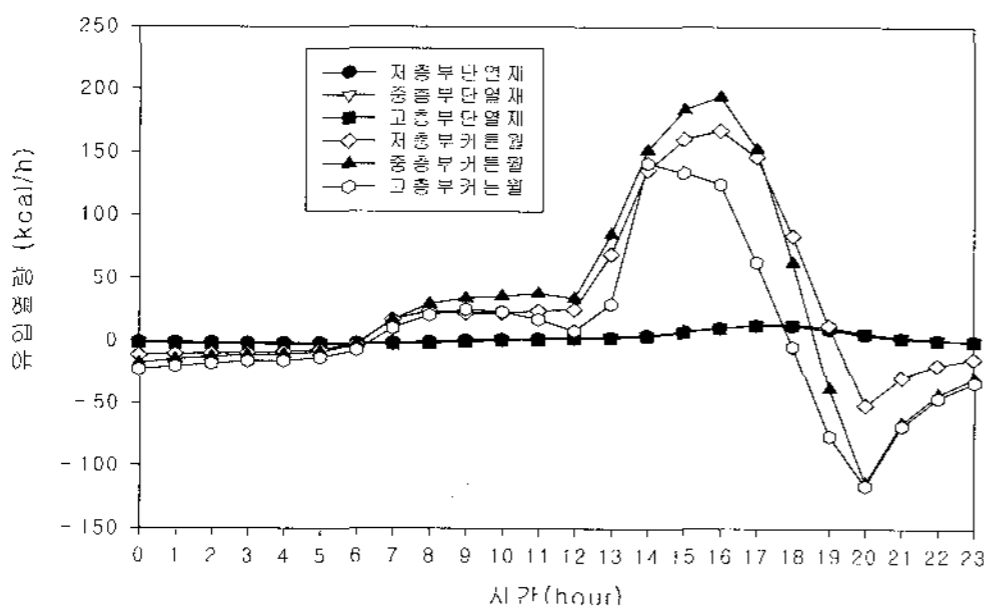
그림 8은 통기벽체에서 커튼월 부분과 내측단열재를 각각 단일벽으로 가정하여, 응답계수법에 의한 계산결과로 외피부위를 투과한 열량과 실내로 유입되는 열량을 비교한 것이다. 그림에서 외부 커튼월에서의 유입열량은 상당히 큰 변화를 가지는 반면 내측 단열재에서의 변화는 상대적으로 적은 것으로 나타났다.

그림 9는 실측일사량을 기준으로 통기를 형성하지 않은 공기층 벽체 전체를 투과해서 실내로 유입될 것으로 계산되는 열량과 통기층을 가지는 실제 건물의 벽체에서 실내로 유입되는 열량을 응답계수법으로 산출하여 비교한 것이다.

동쪽의 경우, 일반공기층 벽체와 통기층의 상층부가 유사한 기울기로 상승하지만 일사가 줄어들면 일반공기층의 계산결과에 비해 통기층을 가지는 벽체는 대류에 의한 벽체의 냉각효과에 기인하여 급격한 기울기로 감소한다는 것을 알 수 있다. 그리

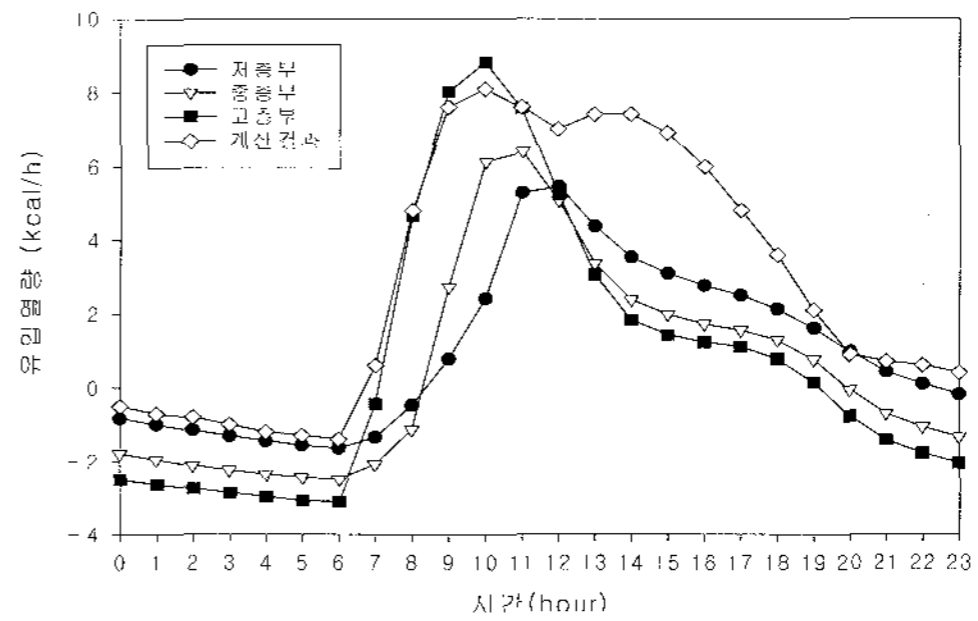


(a) 동쪽

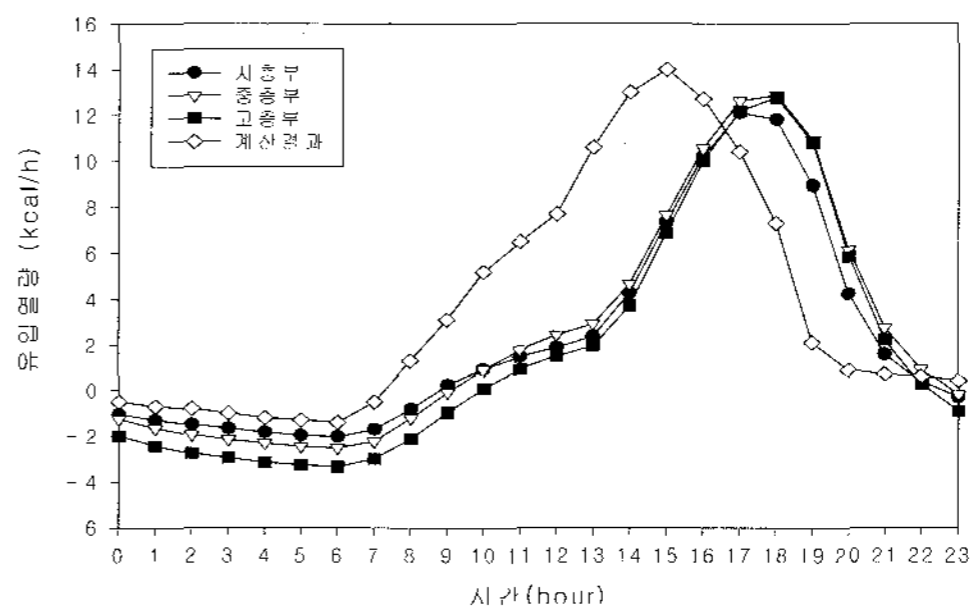


(b) 서쪽

그림 8 내외측 부재의 유입열



(a) 동쪽



(b) 서쪽

그림 9 계산과 실제 전열량 비교

고, 서쪽의 경우에는 일반공기층 벽체와 통기층 벽체는 실내로 유입되는 열량의 피크시점이 4시간 정도의 차이를 보이는 것으로 나타났다.

또한, 하루중의 전열량을 적산하면 일반공기층을 가지는 벽체에 대한 계산결과보다 통기층을 가지는 벽체의 실험결과는 동쪽은 약 40%, 서쪽은 약 60% 정도 적게 유입되는 것으로 나타났다.

6. 결론

본 연구에서는 여름철 냉방부하를 절감시키기 위한 방안으로 새로운 개념의 통기구조벽체를 제안하였으며, 공기층이 있는 경우에 비교하여 하루 중 유입열량의 동쪽 약 40%, 서쪽 약 60%를 통기벽체에서 감소시키는 것으로 나타났다.

따라서 통기구조 시스템은 일사 및 외기온에 의해 상승한 공기층의 온도와 외기온과의 차에 의한

밀도차를 원동력으로 실내로 유입되는 고온의 열을 실외로 특별한 동력을 공급없이 효율적으로 배출시킴으로서, 외피를 통한 전열부하를 대폭 절감시킬 수 있는 에너지 절약적 외피공법으로 기대된다.

참고 문헌

1. ASHRAE Handbook, 1985 Fundamentals (1985)
2. 宇田千光弘 著, 琴鍾洙 金成完 編譯, 1993, PC를 이용한 공기조화계산법
3. 中原信生, 昭和 58, ビル・建築設備の省エネルギー (設計・管理技術の基礎から應用まで), 財団法人 省エネルギーセンタ
4. 中原信生, 昭和 58, ビル・建築設備の省エネルギー (設計・管理技術の基礎から應用まで), 財団法人 省エネルギーセンタ