

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

일사열 배제를 위한 통기벽체 적정 길이에 대한 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 on the optimal length of air cavity for Solar heat removal with Air-Vent System

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

Outside wall systems we lost much energy from the dew of thermal bridge and unsuitable adiabatic construction. The air vent wall system can make reduce cooling loads from the outside wall in summer. The basic concept is connected with buoyant force by the difference of density. 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 the warmed air is released through the top opening and cooler outside air replaces the space in the cavity. So because of the cavity and the openings, the cooling load reduction by natural ventilation is believed to be considerable.

The purpose of this study is finding optimal length of air cavity by numerical analyses.

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

기 호 설 명	Pr	: Prandtl number
	Re	: Reynolds number
Nu	:	Nusslets number
	f	: 마찰계수

- Q : 열량 [kcal]
- Dh : 수력직경[m]
- m : 유량 [kg/s]
- T : 온도[°C]

하 첨 자

- i : 실내, 입구
- o, out : 실외, 출구
- c : 통기층내

1. 연구의 배경 및 목적

에너지는 경제발전의 중대요소이며, 에너지 정책은 국가정책의 주요부분으로 중요시되어 왔다. 선진국일수록 건물의 에너지소비가 다른 용도의 에너지소비보다 많은 비율을 차지하고 있다. 그런데, 주거 및 상업용 건물에 대한 에너지수요의 증대, 건물의 대형화, 사무용기기의 고급화 및 다양화 추세에 따라서 건물에서 소비되는 에너지는 전기, 가스 등 고급에너지 위주로 급속히 증가하고 있는 것이 현실이다.

통기구조는 일사에 의해 상승한 공기층의 온도와 외기온과의 차에 의한 밀도차를 원동력으로 통기부를 지나가게 하여 실내로 유입되는 열의 일부를 실외로 배출시킴으로써 공기층 내부 온도가 저하되고, 동시에 외부마감재가 냉각되므로 마감재로부터 실내측 벽으로 전달되는 대류전열 및 복사전열이 감소되는 원리이다.

그러나, 다양한 인자들과 기초적인 데이터의 부족으로 인하여 일사열의 차단효과에 대한 계산과 적절한 통기길이 결정에 많은 어려움이 따른다. 따라서, 본고에서는 고층건물에 통기구조를 적용함에 있어서 통기구조의 적정길이를 제안하기 위한 방법으로 실측에서 얻어진 데이터와 비교하여 전체통기층을 50cm의 단위길이를 나누어 계산함으로써 통기길이에 대한 특성을 파악하고자 하였다.

2. 통기벽체 적용에 대한 개요

에너지 절약을 위한 자연형(Passive) 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 나타난 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.

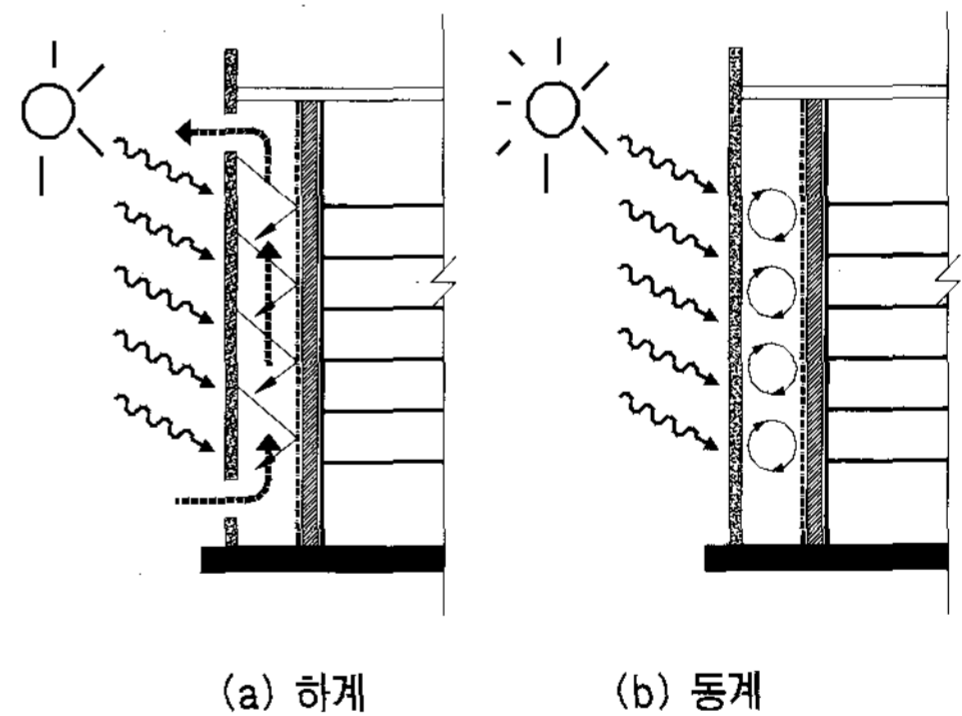


그림 1 통기벽체 적용에 대한 개요

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 복사전열을 감소시키고자 하는 것이다.

2. 계산의 기초이론과 모델

2.1 응답계수법

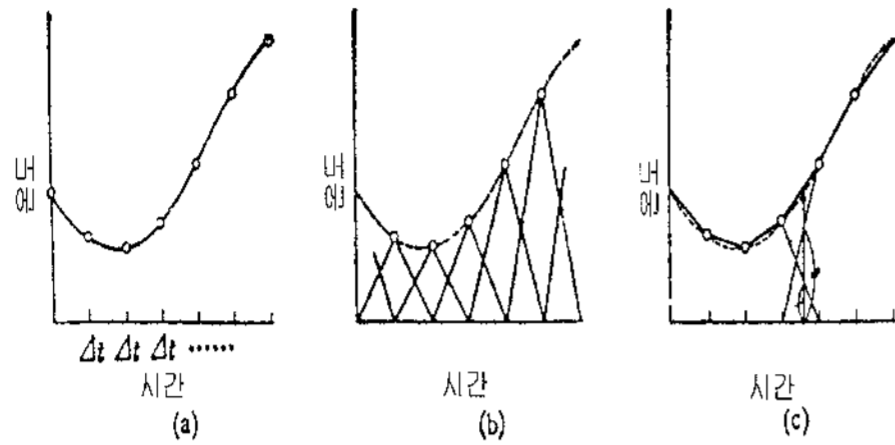


그림 2 삼각온도파의 생성

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

그림 3(a)와 같은 벽이 있을 때, 최초에는 외기, 실내공기, 벽체내부 모두가 같다면 당연히 열의 유입도 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 일련의 삼각파형으로 표시되는 열류가 발생한 것이다. (d)의 각삼각의 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.

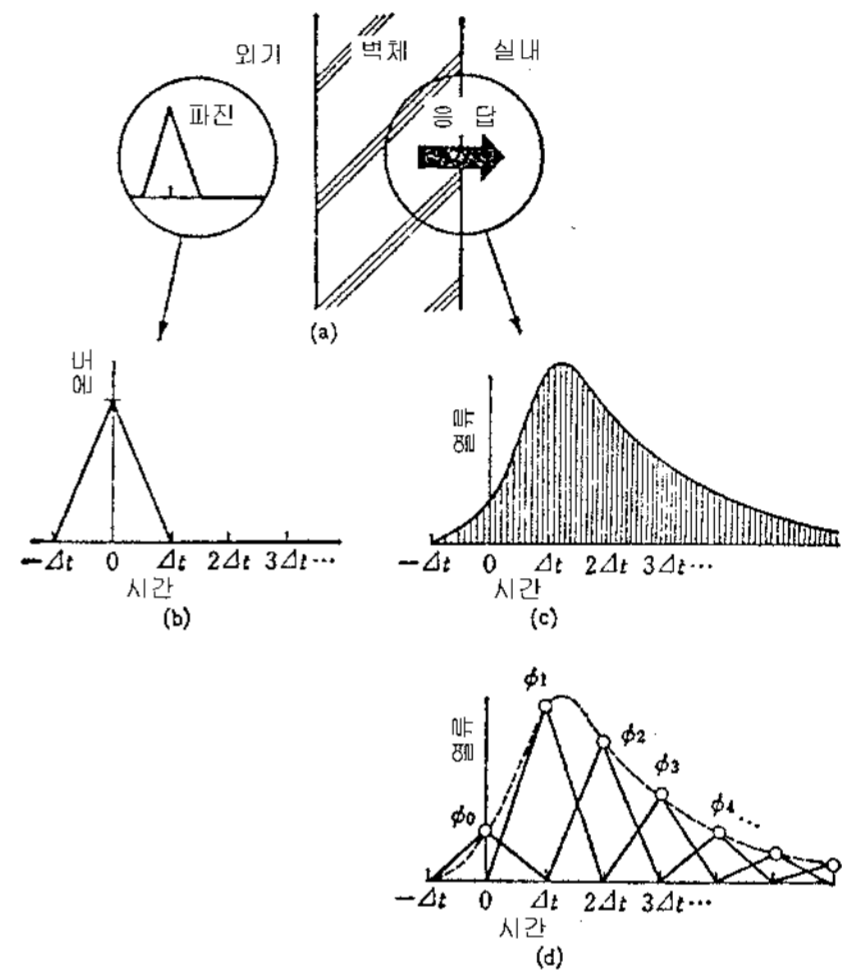


그림 3 응답계수

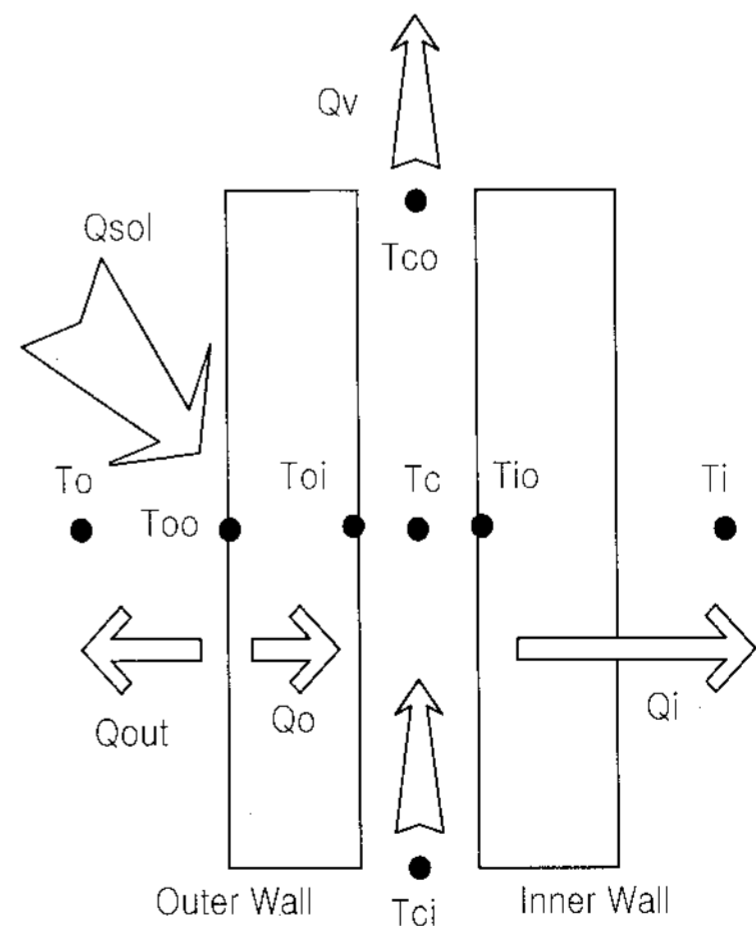


그림 4 계산모델

2.2 계산모델

그림 4는 통기벽체의 계산모델을 나타낸 것이다.

통기층내 온도는 통기층내 기류형태가 완전히 발달된 난류형태이므로 통기층을 포함한 양측의 표면온도와 공기온도는 같은 온도값을 가지는 것으로 하여, 단위길이를 통과한 출구의 공기온도를 계산 반복함으로써 전체길이에서의 출구공기온도와 일사에 의한 배출열량을 산출하였다.

또한 통기층을 중심으로 일사열이 유입되는 것은 벽체의 비열과 시간에 따른 변화를 고려한 응답계수법을 활용하여 계산하였다.

계산의 기초가 되는 열평형식과 무차원수는 다음과 같다.

전체 : $Q_{sol} = Q_{out} + Q_v + Q_i$
 외벽 : $Q_{sol} = Q_{out} + Q_o \dots\dots\dots (1)$
 통기층 : $Q_o = Q_v + Q_i$

$$Re = \frac{(\dot{m}/A)D_h}{\mu} \dots\dots\dots (2)$$

$$Nu_{Dh} = \frac{(f/8)(Re_D - 100) Pr}{1 + 12.7(f/8)^{1/2}(Pr^{2/3} - 1)} \dots\dots\dots (3)$$

$(Re_{Dh} > 2800)$

$$Nu_{Dh} = 7.54 + \frac{0.03(D_h/L)Re_{Dh}Pr}{1 + 0.016[(D_h/L)Re_{Dh}Pr]^{2/3}} \dots\dots\dots (4)$$

$(Re_{Dh} \leq 2800)$

통기층내 기류속도 및 일사량은 실험결과를 근거로 하여 결정하였으며 벽체의 일사흡수율은 1로 하였다.

그림 5는 실제현상과 계산의 결과를 비교하기 위한 데이터로써 일사량 및 통기층내 기류속도를 나타낸 것이다. 그래프에 나타난 데이터는 하절기 통기층을 가지는 실제건물의 데이터를 측정된 값으로 측정대상 건물의 개요는 표 1과 같다.

표 2 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	공조	기준층 : 1133.5 m ²
	면적	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	

실측과 비교하기 위하여 하절기 건물에서 일사의 영향을 가장 많이 받을 것으로 예상되는 서쪽방위의 데이터를 기초로 계산을 수행하였다.

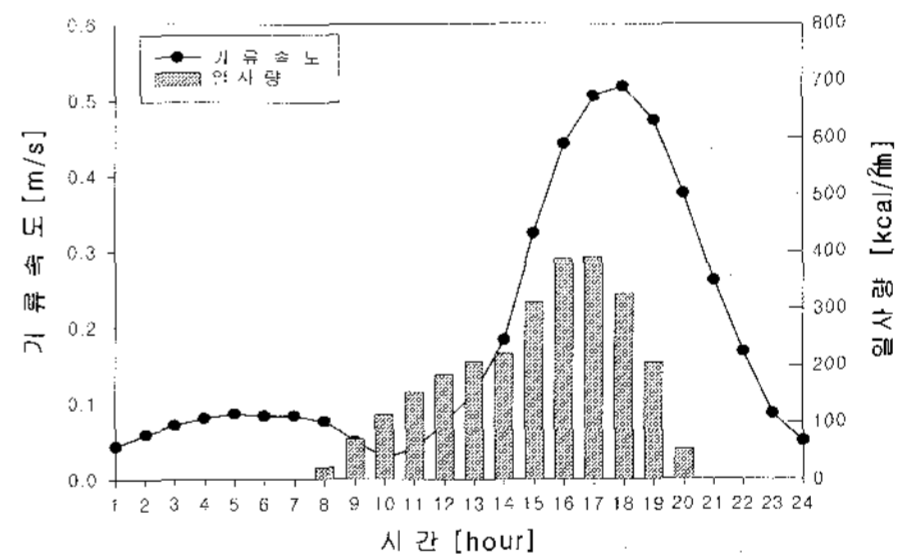


그림 5 일사열과 통기층내 기류속도

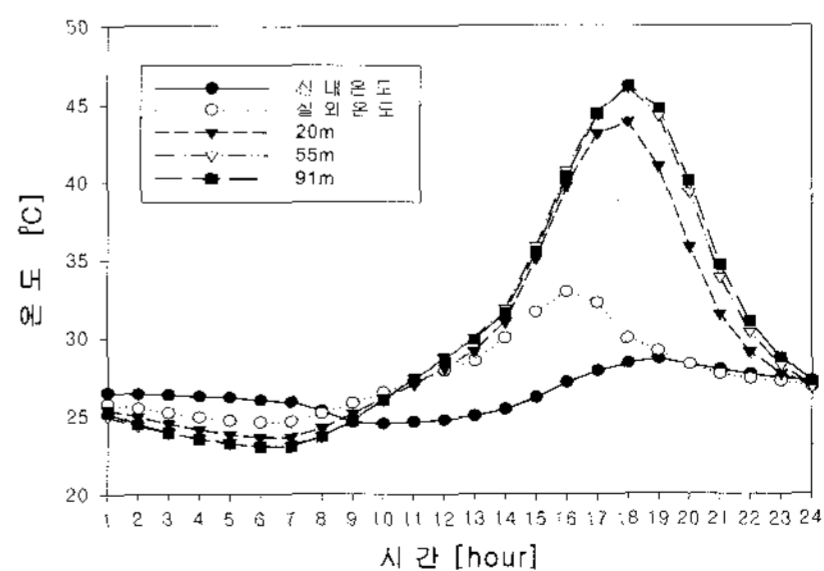


그림 6 각 표면의 온도변화

그림 6은 계산의 입력 데이터인 실내와 실외의

시간에 따른 온도변화를 기준으로 수행한 계산결과를 나타낸 것으로, 일사에 의한 대류가 일어나는 과정에서 나타날 것으로 예측되는 통기층 내부의 온도변화를 나타낸 것이다.

입구와 하층부사이의 온도상승폭은 상당히 크지만 중층부와 고층부 사이에서는 온도상승이 거의 없는 것으로 나타났다. 즉, 적절한 통기길이에 대한 고려가 필요함을 알 수 있다.

3. 계산결과

그림 7에 통기층을 이루고 있는 벽체의 내외표면 온도와 공기의 온도변화를 계산한 결과를 나타내었다. 그리고 실제 통기층내에서의 온도를 계측한 값을 점(·)으로 나타내었다.

본 연구에서는 중층부의 결과를 기준으로 계산의

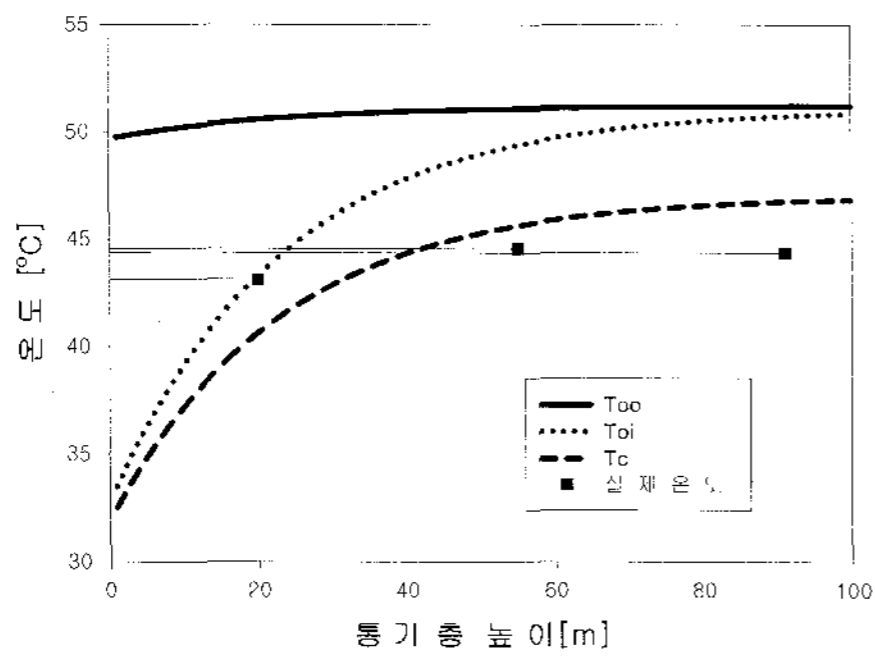


그림 7 통기층내 온도변화

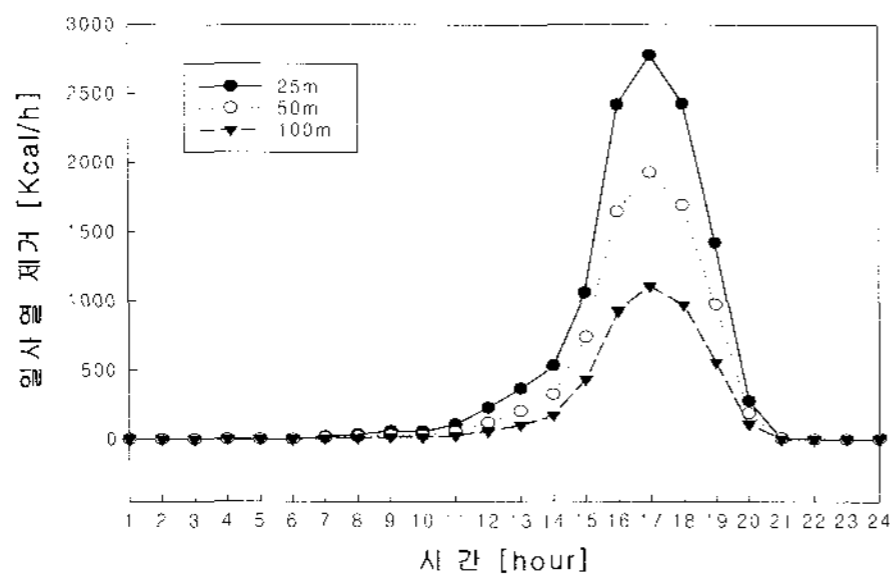


그림 8 일사열 제거량

에서는 계산의 결과와 실측치가 거의 일치하였으므로, 중층부나 고층부와 저층부에서는 계산의 결과가 실측치 보다 높거나 낮게 나타났다.

이는 실제 통기층의 기밀성능 및 외부환경요인, 시공상의 차이에 기인한 것으로 판단된다.

그림 8은 하루 중의 통기층의 통기기류에 의한 일사열 제거 효과를 통기길이를 구분하였을 때를 나타낸 것이다. 그리고, 하루 중 제거되는 열량과 실내로 유입되는 열량을 표 2에 나타내었다.

표 3 실내 유입열량과 제거열량 [kcal/day]

길이	제거	유입열량
25 m	11793	3698
50 m	7962	4509
100m	4526	5223

그림 8에서 통기층 100m를 50m로 나누어 2구간의 통기층을 형성하였을 때와 25m로 나누어 4개의 구간으로 형성하였을 때의 통기층에서 배출되는 열량을 비교한 결과, 하루 중 배출되는 열량을 계산하면 통기층을 2구간으로 나눈 경우가 전체를 통기층으로 사용하는 경우보다 약 75% 배출열량이 많은 것으로 나타났으며, 4구간으로 나눈 경우는 약 2.5배의 열량을 배출하는 것으로 계산되었다.

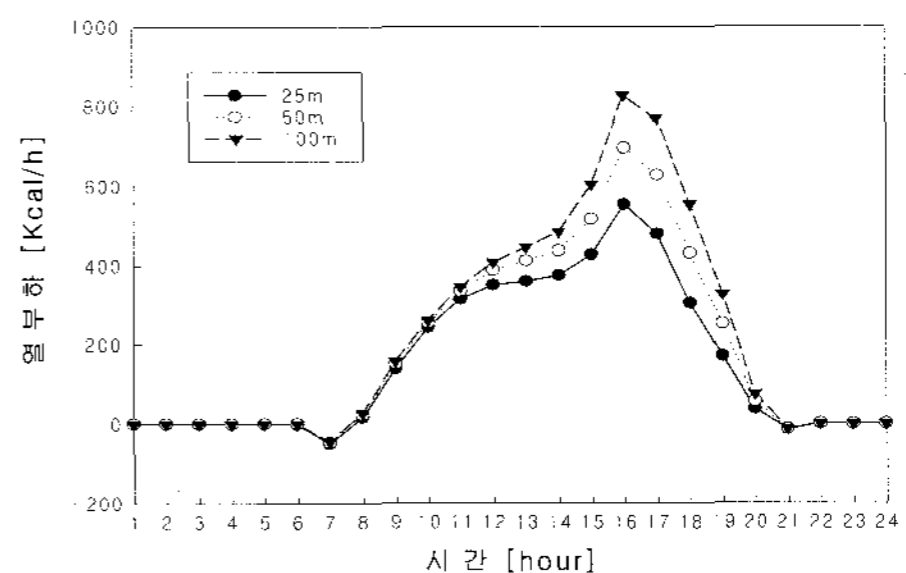


그림 9 열부하

그림 9는 통기길이에 따른 실내 유입열량을 나타

낸 것이다. 하루 중 실내로 유입되는 열량은 전체를 1개의 구간으로 사용한 경우를 기준으로 2구간과 4구간으로 나눈 경우 실내로 유입되는 열량은 각각 86%와 70%로 줄어드는 것으로 나타났다.

특히 벽체를 통한 전열량이 많은 시점에서 실내로 유입되는 열의 차단 효과가 커지는 것으로 나타났다. 100m를 기준으로 50m와 25m의 경우 각각 84%와 66%로 피크부하를 감소시키는 효과가 있는 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는, 여름철 냉방부하를 절감시키기 위한 방안으로 통기구조를 적용하게 되는 경우 상당한 에너지 절감효과를 기대할 수 있는 것을 알 수 있었으며, 100m의 통기길이를 가지는 벽체를 구성하는 경우 길이를 구분하는 것에 대해서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

전체 통기층 길이가 100m일 경우, 통기길이를 2구간으로 구분하는 경우 전체를 통기층으로 사용하는 경우보다 약 75% 배출열량이 많은 것으로 나타났다. 실내로 유입되는 열량을 86%로 줄일 수 있다.

또한, 4구간으로 구분함으로써 일사열 제거 열량

은 약 2.5배, 실내유입열량은 70%로 줄일 수 있고 하절기 냉방에너지의 피크부하요소 중에서 벽체에 의한 실내열유입량을 66%로 감소시킬 수 다는 것을 알 수 있었다.

따라서, 에너지절약을 위한 방법으로 통기층을 가지는 벽체의 에너지 절감방법을 적용하는 하계 될 경우 통기층의 적정길이를 고려하여, 통기구조 및 형상에 적합한 예비계산을 수행함으로써 보다 에너지 절약적인 설계가 가능할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. ASHRAE Handbook, 1985 Fundamentals (1985)
2. 井上宇市, 1996, 空気調和 ハンドブック 改訂4版
3. 宇田千 光弘 著, 琴鍾洙 金成完 編譯, 1993, PC를 이용한 공기조화계산법
4. 角舎 輝典, 青山 三男, 青木 恭介, "密度差換氣の生じる中空壁の熱流計算について複層壁に對する計算結果" 日本建築學會東北支部 研究發表會 平成 9年 6月
5. 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), 財團法人 省エネルギーセンタ
6. 이택식, 이재현, 이준식 공역, 1996, 열전달, 제2판, 喜重堂