

냉방에너지 절감을 위한 공동주택 Attic 공간의 통풍계획

나 수 연*

A Study on Ventilation of the Attic Space for Cooling Energy Conservation in Apartment Houses

Su-Yeun Na*

ABSTRACT

This study aims to present basic data of opening design in the attic space for cooling energy conservation. The quantity of inflow in the attic space under Seoul climatic condition were computed. Then, cooling energy consumptions at sample unit dwellings were analyzed and compared with non-attic unit dwelling. Finally, CFD simulation were conducted to present the indoor thermal environment when openings in the attic space allow outdoor air 0ACH to 15ACH. From this result, optimal opening sizes in the attic space were proposed and cooling effect of ventilation in the attic space was conformed quantitatively.

Key Words : Attic space, Natural ventilation, Energy conservation, Apartment houses

1. 서론

하절기 냉방부하의 주요인은 일사로서 특히 지붕 바로 밑에 위치한 실의 경우, 지붕의 일사획득으로 인한 전열부하가 크게 작용하게 된다. 이때 비난방 공간인 Attic 공간을 최상층에 설치하면 일사의 직접적인 영향을 감소시킬 수 있지만 Attic 공간이 지붕 면 일사의 영향을 받아 거주공간으로 열을 전달할 수도 있다. 동절기에는 거주공간의 따뜻하고 습한 공기가 천장의 단열층을 지나 차가운 Attice 공간에 도달하면 지붕 구조체와 단열층에 수증기가 응축되어 결로를 일으킨다. 그러므로 Attice 공간은 적절히 공기

를 유통시켜서 건물의 과열과 결로를 방지할 수 있어야 한다.

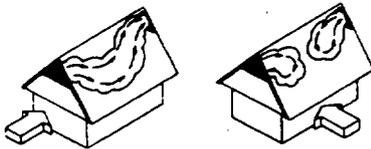
특히 공동주택의 최상층 세대는 지붕의 일사획득에 크게 영향을 받는데, 최근에는 박공지붕으로 계획된 Attic 공간을 거주공간(다락방)으로 사용하기도 하므로 Attic 공간에 대한 보다 적극적인 냉방대책이 요구된다.

따라서 본 연구에서는 공동주택을 대상으로 Attic 공간의 설치 및 통풍에 따른 에너지 소비량을 분석함으로써 냉방에너지 절약을 위한 Attic 공간의 적정 개구부 계획을 제안하고자 하였다. 또한 최대 냉방부하 및 연간 에너지 소비량을 산정하고 Peak가 걸리는 시간의 실내 열환경을 시물레이션함으로써 Attic 공간의 통풍으로 인한 실내 열쾌적 향상을 확인하고자 하였다.

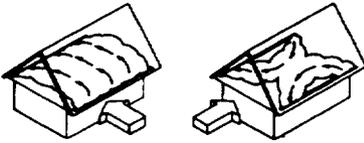
* 제주대학교 건축공학과, 첨단기술연구소
Dept. of Architectural Engineering, Research Institute of Advanced Technology, Cheju Nat'l Univ.

II. Attic 공간의 통풍기술

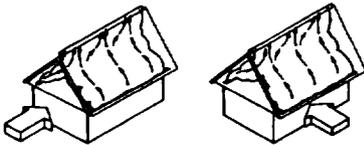
attic 공간의 통풍을 위한 설계안으로는 gable louver (박공루버), soffit vent (처마통풍구), ridge vent (지붕 마룻대통풍구), stationary ventilator (고정식 통풍기), rotary ventilator (회전식 통풍기), mechanical ventilator (기계식 통풍기), whole-house fan (전공간 송풍기)과 같은 기술들이 있지만 단독주택을 대상으로 주로 적용되고 있다. 기존 attic 공간 통풍기술의 특징들은 Fig. 1과 Fig. 2와 같다[7].



(a) Gable louver

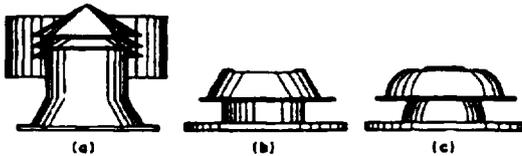


(b) Soffit vent



(c) Ridge vent and soffit Vent

Fig. 1. Air flow patterns in attic space with various vents.



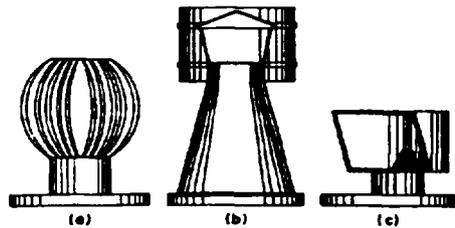
(a) Gravity ventilator
(b) Low-pitch slant roof ventilator
(c) Roof mushroom ventilator

Fig. 2. Stationary ventilators.

Fig. 1에서 볼 수 있듯이, gable louver는 박공지붕의 끝에 삼각형 개구부의 형태로 배치되는 통풍구이다. 최적의 조건에서는 attic의 온도를 13%까지 줄일 수 있지만 공동주택의 경우에는 중앙에 계단실이 배치되므로 맞통풍이 일어나도록 gable louver를 설치하는 것이 거의 불가능하다. soffit vent는 처마에 위치하여 attic 바닥을 따라서만 공기가 유통된다.

ridge vent만으로는 attic 공간에 통풍을 유도하지 못하지만 soffit vent와 함께 사용하면 전체 attic 공간에 충분한 양의 통풍량을 균등하게 제공할 수 있으며 외부 바람의 방향에 상관없이 모든 면에서 기류가 발생된다. 그러나 이러한 시스템은 미관 및 시공상 공동주택의 적용에는 부적절한 것으로 판단된다.

고정식 통풍기는 Fig. 2에서처럼 soffit vent 중력식 통풍기(gravity ventilator), 저경사 지붕 통풍기(low-pitch slant roof ventilator), 버섯형 지붕 통풍기(roof mushroom ventilator), 굴뚝형 통풍구와 같은 장치가 있다. 이러한 장치들은 움직이는 기계적 장치가 아니지만 attic 공간에서 열을 뽑아낼 수 있다. Fig. 3에서 볼 수 있는 회전식 통풍기는 회전한다는 점을 제외하고는 고정식 통풍기와 유사하다. 비록 외부풍속이 4m/s 이상일 때는 고정식보다 회전식이 더 효과적이지만 공기가 정체된 경우에는 마찬가지이다.



(a) Roof turbine
(b) Free-flow ventilator
(c) Revolving ventilator

Fig. 3. Rotary ventilators.

주거용 기계식 통풍기는 attic fan과 power ventilator가 구미 등지에서 일반적으로 쓰이고 있다. 대규모 송풍기와 루버로 구성되는 attic fan은 박공지붕 끝에 주로 배치된다. power ventilator는 고정식 통풍기에 송풍기를 추가한 것이다. 어떤 경우든지 송풍기를 구동

시키는데 필요한 에너지는 attic 공간을 냉각시켜 절약된 에너지량과 상쇄된다. 통풍구를 이용한 건축기술이나 고정식 통풍기와 같이 기계식이 아닌 통풍기술은 시스템 설치비에 비해서 에너지 절감량이 더 크다.

이와 같이 기존에 제안되고 있는 attic 통풍기술을 공동주택에 그대로 적용하기에는 미관이나 시공기술에 대한 한계가 있다. 특히, 지붕 밑 공간을 거주공간인 다락방으로 계획하는 최근 추세로 볼 때 일반적인 형태의 개구부를 설계대안에 맞추어 지붕면에 계획하는 것도 한가지 방안이 될 수 있다.

Attic 공간에서 바람을 직접 받는 전면 벽체와 후면 벽체에 설계된 개구부는 열의 발산과 제거에 대한 새로운 접근방법을 제시할 수 있다. 실내 공기의 질과 인체 쾌적은 주로 적절한 기류의 유도에 달려있으며 건물의 에너지 소비는 적절한 기류조절에 의해 절감된다. 또한 개구부는 거주자의 시각적인 해방감을 제공하며 실내공간의 특성을 좋게 만들 수 있다. 이러한 측면에서 Attic 벽체의 개구부는 많은 에너지량을 소비하지 않고 생활의 질을 높일 수 있는 효과적인 장치가 될 수 있다.

attic 공간에 개구부를 설치하는 것은 기온을 낮추어 인체쾌적을 얻기 위한 것이다. 반면 동절기에 attic 공간이 통풍되면 난방부하를 증가시키고 난방기동안 쾌적을 유지하기 위한 거주자의 유지 관리율을 떨어뜨릴 수 있다. 그러나 겨울철 attic 공간은 attic 공간의 통풍량에 상관없이 외기온보다 몇 도정도만 온도가 상승하며 적절한 천장단열은 거주공간에 거의 열손실을 일으키지 않는다. 즉, attic 공간을 통풍 할 때 난방기동안의 손실량보다 더운 계절동안 잊점이 더 크므로 attic 공간의 통풍 계획은 여름철에 맞추어 계획되어야한다.

III. 대상 단위세대의 에너지 소비량

본 연구에서는 국민주택 규모에서 가장 일반적인 형태인 계단실형 25평형의 최상층 세대를 대상으로 attic 공간의 통풍에 따른 냉방에너지 절감량을 DOE21E program을 이용하여 산정, 비교하였다. Fig. 4는 대상 단위세대의 평면도 및 지붕형태에 따른 주단면도를

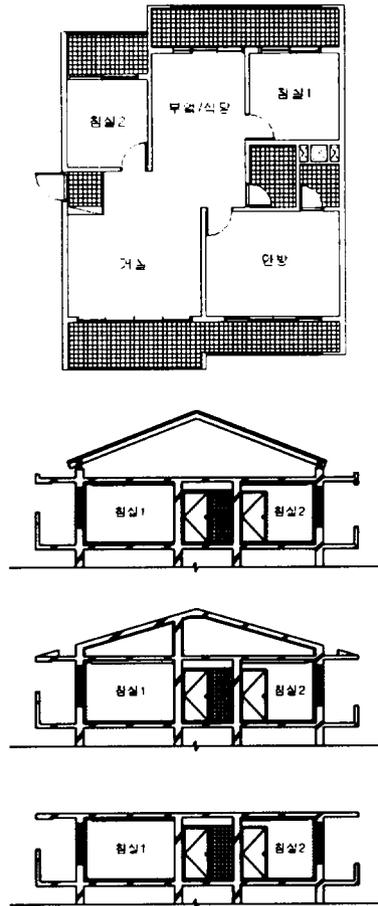


Fig. 4. The plan and sections of sample unit dwellings.

보여주는데 지붕형태에 따라 평지붕, RC조 박공지붕과 철골조 박공지붕 - 3가지 유형으로 구분하였다. Table 1은 각 유형에 따른 순간 최대 냉방부하(Peak cooling load)를 부하요소별로 나타내며 이때 각각의 외기조건은 Table 2와 같다.

Table 1에서 볼 수 있듯이 평지붕 세대의 순간최대 냉방부하는 6.516KW이며 지붕면을 통한 전열부하가 전체 냉방부하의 55%이상을 차지하는 것으로 나타났다. 박공지붕의 경우, 지붕층에 attic 공간이 추가되어 지붕을 통한 전열부하가 줄어들어서 전체 순간최대 냉방부하는 평지붕에 비해 46%까지 줄어든다. 이때 RC조 지붕이 철골지붕보다 감소량이 3%정도 더 큰 것으로 나타났다.

Table 1. Comparison of peak cooling loads

Peak load component	Flat roof (standard)		Gable roof (RC)		Gable roof (ST)	
	S (KW)	L (KW)	S (KW)	L (KW)	S (KW)	L (KW)
Wall conduction	0.265	-	0.227	-	0.265	-
Roof conduction	3.567	-	0.571	-	0.831	-
Window conduction	0.948	-	1.084	-	0.948	-
Glass solar	0.001	-	0.02	-	0.01	-
occupants to space	0.209	0.211	0.075	0.047	0.209	0.211
Infiltration	0.417	0.897	0.563	1.093	0.417	0.897
Total	5.408	1.108	2.523	1.139	2.672	1.108

S: sensible L: latent

Table 2. Weather condition at peak load

Sample Unit	Flat Roof (standard)	Gable roof (RC)	Gable roof (ST)
month/day/time	08 05 19	08 05 16	08 05 19
DB temp.(°C)	32	34	32
WB temp.(°C)	26	27	26
Solar rad.(W/m ²)	205	722	205
Wind vel.(m/s)	2.1	2.6	2.1

IV. Attic 공간 통풍에 따른 냉방 에너지소비량의 비교

4.1 통풍량에 따른 냉방에너지 절감율

대상 평지붕 단위세대의 천정부에 30cm 높이의 attic 공간을 설치한 경우 연간 냉방에너지 소비량과 각각 5~30ACH씩 통풍을 한 경우 냉방에너지 절감량을 비교하면 Fig. 5와 같다. 여기서 볼 수 있듯이, 통풍량이 5ACH에서 30ACH로 증가함에 따라 연간 냉방에너지는 통풍이 전혀 되지 않는 경우에 비해 1.6%~10%까지 감소되는 것으로 나타났다.

4.2 Attic 공간의 개구면적에 따른 통풍량

Attic 공간에 충분한 유입풍량을 확보할 수 있는

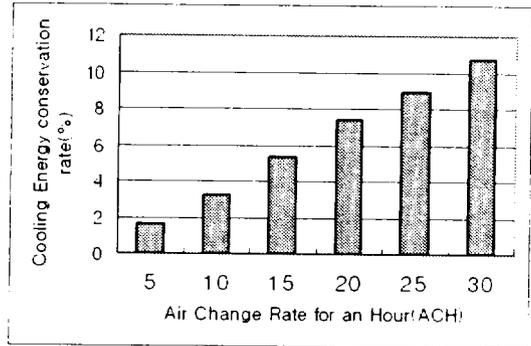


Fig. 5. Effects of attic ventilation on cooling energy conservation.

Table 3. Air flow rate at various opening area

opening area (m ²)	1.645	1.245	0.830	0.249
opening-wall area ratio (%)	100	75.6	50	15
opening-floor area ratio (%)	6.6	5	3	1
air flow rate (m ³ /s)	1.469	1.102	0.708	0.054
air change rate (ACH)	600	455	292	22

최소 개구부 크기를 구하기 위하여 CFD 프로그램을 이용하여 attic의 개구부 크기에 따른 유입풍량을 산정하였다. 이때 풍향은 개구부에 정면으로 불어오고 풍속은 서울지방 하절기 평균풍속의 1/2값인 1m/s인 조건을 기준으로 하였다. 시뮬레이션 대상은 Fig. 1과 같은 평지붕 단위세대에 높이 30cm의 attic 공간을 추가한 것으로 계획하였다.

Table 3은 개구부 면적에 따른 유입풍량을 비교하여 나타낸다. 여기에서 볼 수 있듯이, 전체 벽체 면적에 대한 개구면적비가 15%이상이면 22ACH이상의 풍량을 유입시킬 수 있다.

4.3 실제 기후조건에서 attic의 유입풍량 및 에너지 절감량의 비교, 분석

Attic 공간을 통풍하기 위해 개구부를 계획한다고 해도 실제 유입풍량은 풍향, 풍속과 같은 기후조건에 따라 달라진다. 본 연구에서는 서울지방의 하절기 기후를 분석하여 attic 공간의 유입풍량을 기후조건에 따라 시간별로 산정하고 이에 따른 에너지 절감효과를 비교하였다.

Table 4. Climatic analysis(summer)

Period (month day)	Frequency (%)				aver. (°C)	min. (°C)	ma.x (°C)	condi- tion
	less than 18°C	18- 24°C	24- 28°C	more than 28°C				
0615 ~ 0631	9.9	57	30.7	2.3	22	16	29	slightly hot
0701 ~ 0715	2.6	64.4	25.1	7.9	23	17	30	slightly hot
0716 ~ 0731	-	42.6	40.1	17.2	25	19	30	hot
0801 ~ 0815	-	13.7	51.6	34.7	27	21	33	too hot
0816 ~ 0831	1.5	54.4	29.9	14.2	24	17	32	hot
0901 ~ 0905	18.7	68.8	12.5	-	20	13	27	slightly hot

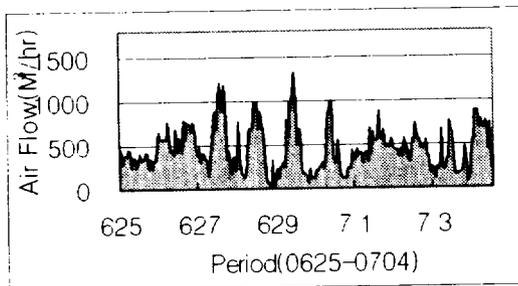
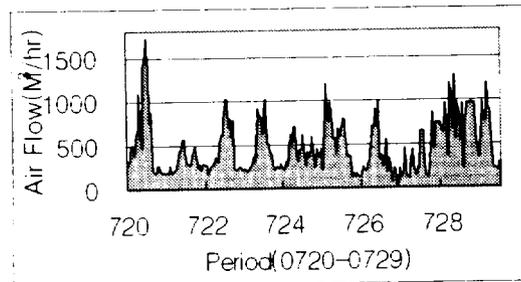
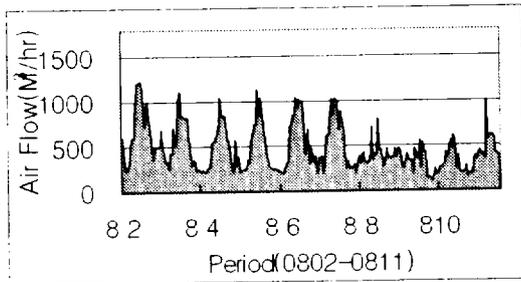


Fig. 6. Air flows during summer.

(1) 기후조건

서울지역 하절기의 기간별 기온 특성은 온도대에 따른 시간빈도수 및 평균기온, 최대, 최소기온 등에 따라 Table 4와 같이 분석될 수 있다. 여기서 볼 수 있듯이, 전체 하절기는 더위의 강도에 따라 혹서기(가장 더운 기간)인 8월 1일~8월 15일, 전형적인 하절기(더운 기간) 7월 16일~7월 31일, 8월16일~8월 31일과 초여름 및 늦여름(약간 더운 기간) 6월 15일~7월 15일, 9월 1일~9월15일 등의 3기간으로 구분할 수 있다.

(2) 풍량 산정 및 에너지 절감량

하절기를 더위 강도에 따라 3가지 기간별로 구분하여 각각 10일간의 대표 기간에 대해, 매시간 풍향과 풍속 변화에 따른 유입풍량을 산정하면 Fig. 6과 같다. 이때 시뮬레이션은 Attic 공간의 개구부 크기가 벽체 면적의 15%이고 단일공간으로 계획된 경우를 대상으로 하였다.

Table 5는 attic 공간의 자연통풍에 따른 각 기간별 냉방에너지 절감량을 보여준다. 여기서 볼 수 있듯이 혹서기에는 자연통풍을 이용한 경우 냉방에너지 절감율이 1% 정도인 반면 초여름에는 30% 이상 냉방에너지를 절감시킬 수 있는 것으로 나타났다.

Table 5. Cooling energy conservation by ventilation of attic space

period	too hot	hot	slightly hot
	8/2 ~ 8/11	7/20 ~ 7/29	6/25 ~ 7/4
cooling energy consumption without ventilation (MWH)	1.287	0.789	0.539
average wind speed (m/s)	1.83	1.97	1.99
prevailing wind	SW	NE	NE
daily average air flow (m³/hr)	489.05	485.38	462.29
cooling energy conservation by natural ventilation (MWH)	0.013	0.061	0.170
cooling energy conservation rate (%)	1%	7.7%	32%

V. Attic 공간의 통풍에 따른 하절기 실내 열환경의 비교

attic 공간의 통풍에 따른 실내 열환경 변화를 알아보기 위하여 최대 냉방부하가 걸리는 8월 5일의 외기 조건을 대상으로 실내 온도 분포를 CFD 프로그램을 이용하여 시뮬레이션 하였다. 최상층 단위세대 25평형을 대상으로 하였으며 attic 공간을 설치안한 기존안과 높이 30cm의 attic을 설치하고 통풍을 안한 경우, attic공간을 각각 10ACH, 15ACH로 통풍한 경우를 비교하였다. Fig. 7는 attic 공간의 통풍에 따른

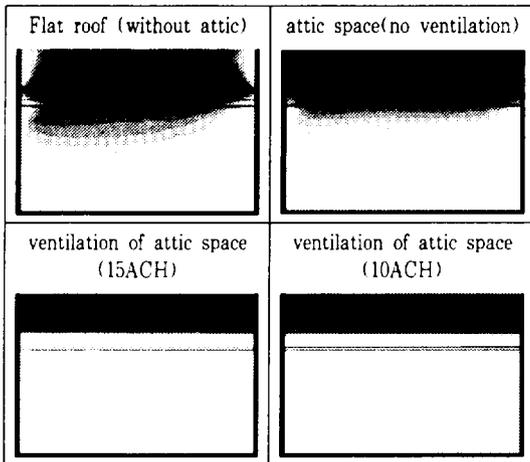


Fig. 7. Comparison of temperature distributions of the living room under attic space.

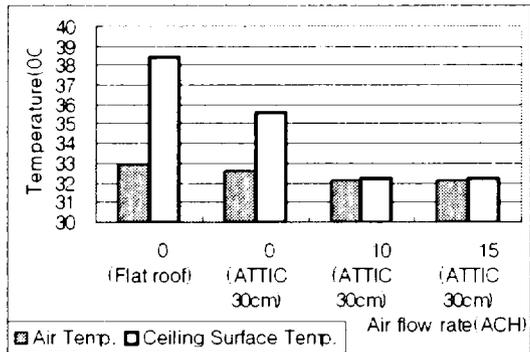


Fig. 8. Comparison of thermal environment in living room.

실내온도 분포이며 Fig. 8는 실내 평균기온 및 천정면 평균온도를 비교하여 보여준다.

Fig. 5에서 볼 수 있듯이 최상층에 attic 공간을 설치하면 실내 기온을 0.5°C 정도 낮출 수 있으며 천장 온도는 4°C 까지 감소된다. 또한 attic 공간을 10ACH 이상 통풍시키면 과열된 천장표면온도를 실내 기온과 거의 유사한 수준까지 떨어뜨릴 수 있으므로 복사열 전달로 인한 불쾌감을 크게 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다.

VI. 결론

본 연구에서는 공동주택을 대상으로 attic 공간의 설치 및 통풍에 따른 에너지 소비량을 분석함으로써 냉방에너지 절약을 위한 attic 공간의 적정 개구부 계획을 제안하고 attic 공간의 통풍으로 인한 하절기 실내 열환경의 향상을 확인하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1) attic 공간의 설치유무에 따른 에너지 소비량을 비교해보면, 평지붕 세대의 순간최대 냉방부하는 6.5KW이며 지붕면을 통한 전열부하가 전체 냉방부하의 55% 이상을 차지하는 것으로 나타났다. 반면에 attic 공간이 있는 박공지붕의 경우, 지붕을 통한 전열부하가 줄어들어서 전체 순간최대 냉방부하는 평지붕에 비해 46%까지 줄어드는 것으로 나타났다.

2) 최상층 단위세대의 천정부에 30cm 높이의 attic 공간을 설치한 경우, 통풍량이 5ACH에서 30ACH로 증가함에 따라 연간 냉방에너지는 통풍이 전혀 되지 않는 경우에 비해 1.6%~10%까지 감소되는 것으로 나타났다.

3) 높이 30cm의 attic 공간을 추가하고 개구부 면적비를 15~100%로 변화시켜 attic 공간의 유입풍량을 산정, 비교하였다. 전체 벽체 면적에 대한 개구면적비가 15% 이상이면 1m/s 풍속의 바람이 개구부에 정면으로 불어올 때 22ACH 이상의 풍량이 유입될 수 있다.

4) attic 공간의 개구면적비를 15%로 계획하고 자연통풍으로 인한 각 기간별 실제 냉방에너지 절감량

을 살펴보면, 혹서기(8월2일~8월11일)에는 냉방에너지 절감율이 1% 정도인 반면 초여름(6월 25일~7월4일)에는 30% 이상 냉방에너지를 절감시킬 수 있는 것으로 나타났다.

5) attic 공간 설치로 인한 실내 열환경을 알아보기 위하여 8월 5일을 기준으로 실내 온도분포를 시뮬레이션한 결과, 공동주택 최상층에 attic 공간을 설치하면 attic 공간이 없는 평지붕보다 실내기온을 0.5°C 정도 떨어뜨릴 수 있으며 천장 표면온도는 4°C까지 감소되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 attic 공간을 10ACH이상 통풍시키면 과열된 천장표면온도를 외기온과 거의 유사한 수준까지 떨어뜨릴 수 있으므로 복사열전달로 인한 불쾌감을 크게 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 Attic의 통풍계획에 있어서 대상을 공동주택의 최상층으로 한정하고 풍량산정 및 에너지 절감량을 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 산정하였으므로, 앞으로 보다 다양한 건물 종류 및 설계대안에 대한 분석과 현장실측을 통한 검토가 요구된다.

참고문헌

- 1) 나수연, 1999, 공동주택의 자연통풍계획에 관한 연구, 중앙대, 박사논문.
- 2) 산업자원부, 2000, 자연통풍을 이용한 건물의 냉방 에너지 절감기술개발.
- 3) B. Givoni, 1994, Passive and Low Energy Cooling of Buildings, Van Nostrand Reinhold, New York.
- 4) D. W. Abrams, 1986, Low Energy Cooling, Van Nostrand Reinhold company Inc.
- 5) E. Arens, Passive Cooling by Natural Ventilation, Florida Solar Energy Center, 1981.
- 6) M. Santamouris and D. Asimakopoulos, 1996, Passive cooling of Buildings, London, James & James.
- 7) T. S. Boutet, 1987, Controlling air movement, R. R. Donnelly & Sons Company.