

냉방에너지 절감을 위한 공동주택 Attic 공간의 통풍계획

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

○김윤일* 나수연** 이연구***
Kim, Yoon-il, Na, Su-Yeun Rhee, Eon-Ku

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 dwelling were analyzed and compared with non-attic unit dwelling. Finally, CFD simulation were conducted to present the indoor thermal environment when the opening in the attic space allows outdoor air 0ACH to 15ACH. From this result, optimal opening size in the attic space were proposed and cooling effect of ventilation in the attic space were conformed quantitatively.

키워드 : Attic 공간, 자연통풍, 에너지절감, 공동주택

Keywords : 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 지붕면 일사의 영향을 받아 거주공간으로 열을 전달할 수도 있다. 또한 동절기에는 거주공간의 따뜻하고 습한 공기가 천장의 단열층을 지나 차가운 Attice 공간에 도달하면 지붕 구조체와 단열층에 수증기가 응축되어 결로를 일으킨다. 그러므로 Attice 공간은 적절히 공기를 유통시켜서 건물의 과열과 결로를 방지할 수 있어야 한다.

특히 공동주택의 최상층 세대는 지붕의 일사획득에 크게 영향을 받는데, 최근에는 박공지붕으로 계획된 최상층의 Attic 공간을 다락방으로 사용하기도 하므로 Attic 공간에 대한 보다 적극적인 냉방대책이 요구된다.

따라서 본 연구에서는 공동주택을 대상으로 Attic 공간의 설치 및 통풍에 따른 에너지 소비량을 분석함으로써 냉방에너지 절감을 위한 Attic 공간의 적정 개구부 계획을 제안하고자 하였다. 또한 최대 냉방부하 및 연간 에너지 소비량을 산정하고 Peak가 걸리는 순간의 실내 열환경을 시뮬레이션함으로써 Attic 공간의 통풍으로 인한

실내 열쾌적 향상을 확인하고자 하였다.

2. 대상 단위세대의 에너지 소비량

본 연구에서는 국민주택 규모에서 가장 일반적인 형태인 계단실형 25평형²⁾의 최상층 세대를 대상으로 Attic 공간의 통풍에 따른 냉방에너지 절감량을 DOE2.1E program을 이용하여 산정, 비교하였다. 그림1.은 대상 단위세대의 평면도 및 지붕형태에 따른 주단면도를 보여 주는데 지붕형태에 따라 평지붕, RC조 박공지붕과 철골조 박공지붕 - 3가지 유형으로 구분하였다. 표1.은 각 유형에 따른 순간 최대 냉방부하(Peak cooling load)를 부하요소별로 나타내며 이때 각각의 외기조건은 표2.와 같다.

표1.에서 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.

3. Attic공간 통풍에 따른 냉방에너지소비량의 비교

3.1 Attic 공간의 통풍량에 따른 냉방에너지 절감을

* 정희원, 중앙대학교 대학원 석사과정

** 정희원, 중앙대학교 BK21 박사후연구원, 공학박사

*** 정희원, 중앙대학교 건축학과 교수, 건축학박사

2) '96주택계획용 설계도집 추록, 대한주택공사

공간을 설치한 경우 연간 냉방에너지 소비량과 각각 5~30ACH씩 통풍을 한 경우 냉방에너지 절감량을 비교하면 그림2와 같다. 통풍량이 5ACH에서 30ACH로 증가함에 따라 연간 냉방에너지는 통풍이 전혀 되지 않는 경우에 비해 1.6%~10%까지 감소되는 것으로 나타났다.

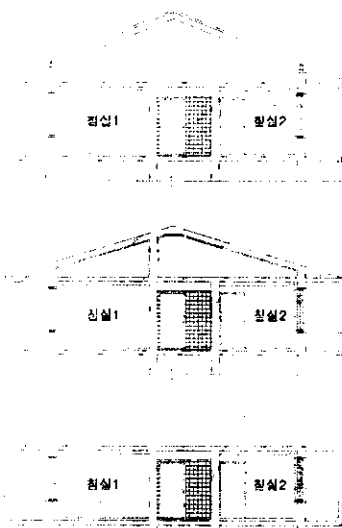
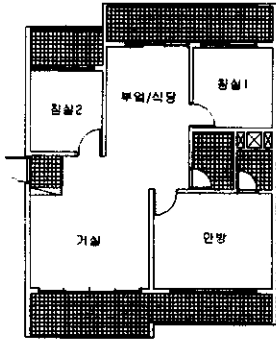


그림1. 대상 단위세대의 평면도 및 단면도

표1. 기존안의 최대냉방부하

부하요소	평지붕		RC조박공지붕		철골조 박공지붕	
	현열 (KW)	잠열 (KW)	현열 (KW)	잠열 (KW)	현열 (KW)	잠열 (KW)
벽체를 통한 전열부하	0.265	-	0.227	-	0.265	-
지붕을 통한 전열부하	3.567	-	0.571	-	0.831	-
유리창을 통한 전열부하	0.948	-	1.084	-	0.948	-
유리창을 통한 일사부하	0.001	-	0.02	-	0.01	-
실내 열발생(인체)	0.209	0.211	0.075	0.047	0.209	0.211
틈새바람으로 인한 부하	0.417	0.897	0.563	1.093	0.417	0.897
총부하량	5.408	1.108	2.523	1.139	2.672	1.108

표2. 최대냉방부하가 걸리는 시간의 외기조건

구분	평지붕	RC조박공지붕	철골조박공지붕	
시간(월일시)	08 05 19	08 05 16	08 05 19	
외기 조건	건구온도(℃)	32	34	32
	습구온도(℃)	26	27	26
	일사량(W/m ²)	205	722	205
	풍속(m/s)	2.1	2.6	2.1

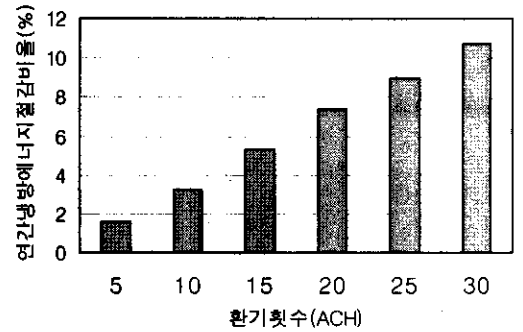


그림2. Attic의 통풍량에 따른 냉방에너지 감소비율

3.2 Attic 공간의 개구면적에 따른 통풍량

Attic 공간에 충분한 유입풍량을 확보할 수 있는 최소 개구부 크기를 구하기 위하여 CFD 프로그램을 이용하여 Attic의 개구부 크기에 따른 유입풍량을 산정하였다. 이때 풍향은 개구부에 정면으로 불어오고 풍속은 1m/s인 조건을 기준으로 하였다. 시뮬레이션 대상은 그림 1과 같은 평지붕 단위세대에 높이 30cm의 Attic 공간을 추가한 것으로 계획하였다.

표3.은 개구부 면적에 따른 유입풍량을 비교하여 나타낸다. 여기에서 볼 수 있듯이, 전체 벽체 면적에 대한 개구면적비가 15%이상이면 22ACH이상의 풍량을 유입시킬 수 있다.

표1. 개구부 크기에 따른 유입풍량

개구면적(유입구=유출구)(m ²)	1.645	1.245	0.830	0.249
전체벽체면적당 개구면적비(%)	100	75.6	50	15
바닥면적당 개구면적비(%)	6.6	5	3	1
유입풍량(m ³ /s)	1.469	1.102	0.708	0.051
환기횟수ACH	600	455	292	22

3.3 실제 기후조건에서 Attic의 유입풍량 및 에너지 절감량의 비교, 분석

Attic공간을 통풍하기 위해 개구부를 계획한다고 해도 실제 유입풍량은 풍향, 풍속과 같은 실제 기후조건에 따

라 달라진다. 본 연구에서는 서울지방의 하절기 기후를 분석하여 Attic공간의 유입풍량을 기후조건에 따라 시간별로 산정하고 이에 따른 에너지 절감효과를 비교하였다.

(1) 기후조건

서울지역 하절기의 기간별 기온 특성은 온도대에 따른 시간빈도수 및 평균기온, 최대, 최소기온 등에 따라 표4와 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 더운기간) 6월 15일~7월 15일, 9월 1일~9월15일 등의 3기간으로 구분할 수 있다.

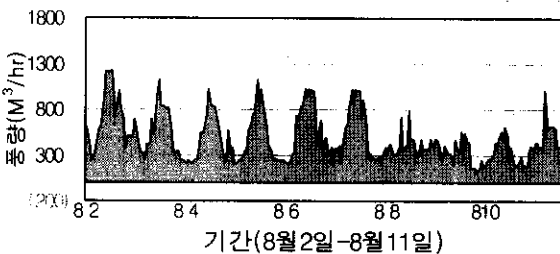
표4. 하절기 기간별 기후분석

기간	온도대별시간빈도(%)				평균기온(°C)	최저기온(°C)	최대기온(°C)	구분
	18°C 이하	18-24°C	24-28°C	28°C 이상				
6월15일~6월31일	9.9	57	30.7	2.3	22	16	29	약간 덥다
7월 1일~7월15일	2.6	64.4	25.1	7.9	23	17	30	약간 덥다
7월16일~7월31일	-	42.6	40.1	17.2	25	19	30	덥다
8월 1일~8월15일	-	13.7	51.6	34.7	27	21	33	매우 덥다
8월16일~8월31일	1.5	54.4	29.9	14.2	24	17	32	덥다
9월 1일~9월5일	18.7	68.8	12.5	-	20	13	27	약간 덥다

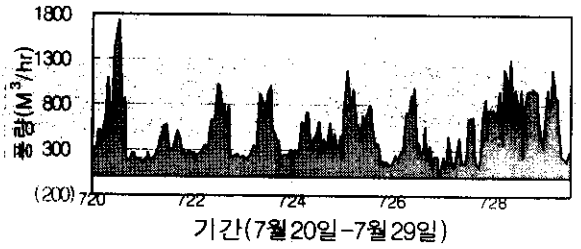
(2) 풍량 산정 및 에너지 절감량

개구부의 크기를 Attic 벽체 면적의 15%크기로 배치하고 더위 강도에 따라 구분한 3가지 기간별로 10일간의 대표 기간에 대해, 매시간 풍향과 풍속 변화에 따른 유입 풍량을 산정하면 그림3.과 같다.

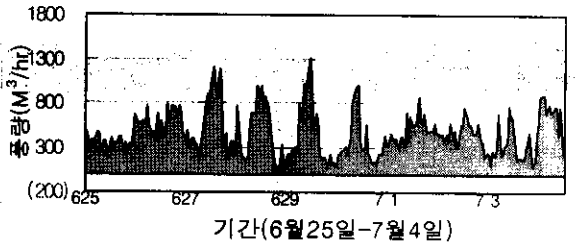
표5.는 Attic 공간의 자연통풍에 따른 각 기간별 실제 냉방에너지 절감량을 보여준다. 여기서 볼 수 있듯이 혹서기에는 자연통풍을 이용한 경우 냉방에너지 절감율이 1% 정도인 반면 초여름에는 30% 이상 냉방에너지를 절감시킬 수 있는 것으로 나타났다.



(a) 혹서기의 자연통풍량



(b) 전형적인 여름의 자연통풍량



(c) 초여름의 자연통풍량

그림3. 각 기간별 풍량의 산정

표5. Attic의 통풍에 따른 기간별 에너지 절감량

기간	혹서기	여름	초여름
	8/2 ~ 8/11	7/20 ~ 7/29	6/25 ~ 7/4
기존 냉방에너지 소비량(MWH)	1.287	0.789	0.539
평균풍속(m/s)	1.83	1.97	1.99
주풍향	남서	북동	북동
일일 평균풍량(m³/hr)	489.05	485.38	462.29
통풍으로 인한 냉방 에너지 절감량(MWH)	0.013	0.061	0.170
통풍으로 인한 에너지 절감비율(%)	1%	7.7%	32%

4. Attic 공간의 통풍에 따른 하절기 실내열환경의 비교

Attic 공간의 통풍에 따른 실내 열환경 변화를 알아보기 위하여 최대 냉방부하가 걸리는 8월 5일의 외기 조건을 대상으로 실내 온도 분포를 CFD프로그램을 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. 그림4.는 Attic 공간의 통풍에 따른 실내온도 분포이며 그림5.는 실내 평균기온 및 천정면 평균온도를 비교하여 보여준다.

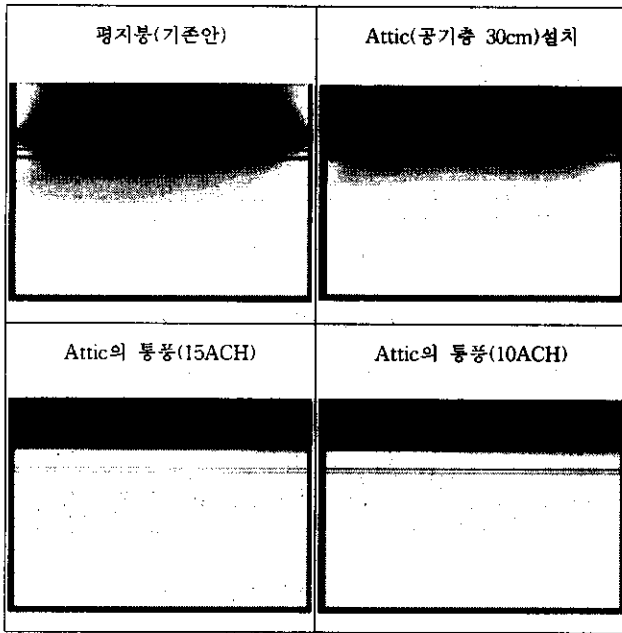


그림4. Attic 공간의 통풍에 따른 실내온도 분포

그림5에서 볼 수 있듯이 최상층에 Attic 공간을 설치하면 실내 기온을 0.5℃ 정도 낮출 수 있으며 천장온도는 4℃까지 감소된다. 또한 Attic 공간을 10ACH 이상 통풍시키면 과열된 천장표면온도를 실내 기온과 거의 유사한 수준까지 떨어뜨릴 수 있으므로 복사열전달로 인한 불쾌감을 크게 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다.

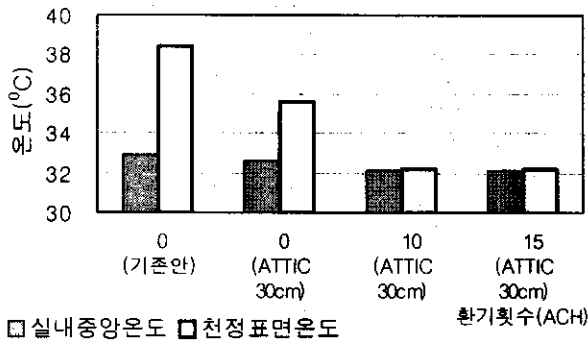


그림5. Attic의 통풍에 따른 실내 열환경

5. 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 6.5KW이

며 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 산정한 결과, 전체 벽체 면적에 대한 개구면적비가 15% 이상이면 1m/s 풍속의 바람이 개구부에 정면으로 불어올때 22ACH 이상의 풍량이 유입될 수 있다.

4) Attic 공간의 개구면적비를 15%로 계획하고 자연통풍으로 인한 각 기간별 실제 냉방에너지 절감량을 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℃ 정도 떨어뜨릴 수 있으며 천장온도는 4℃까지 감소되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 Attic 공간을 10ACH 이상 통풍시키면 과열된 천장표면온도를 외기온과 거의 유사한 수준까지 떨어뜨릴 수 있으므로 복사열전달로 인한 불쾌감을 크게 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 나수연, 공동주택의 자연통풍계획에 관한 연구, 중앙대, 박사논문, 1999.
2. 산업자원부, 자연통풍을 이용한 건물의 냉방에너지 절감 기술개발, 2000.
3. B. Givoni, Passive and Low Energy Cooling of Buildings, Van Nostrand Reinhold, New York, 1994.
4. D. W. Abrams, Low Energy Cooling, Van Nostrand Reinhold company, Inc, 1986
5. E. Arens, Passive Cooling by Natural Ventilation, Florida Solar Energy Center, 1981.
6. M. Santamouris and D. Asimakopoulous, Passive cooling of Buildings, London, James & James, 1996.