



주거동유형을 고려한 공동주택 단지의 열성능 검토 - 세종시 행복도시 지역을 중심으로

*Thermal Performance in Apartment with respect to Building types
- Focused on Apartment complex in Haengbok-dosi, Sejong city-*

노지웅*

Roh, Ji-Woong*

* Dept. of Architectural Engineering, Hongik Univ., South Korea (jwroh@hongik.ac.kr)

ABSTRACT

Purpose: The apartment complex constructed recently is composed of very various types of building, plan, and orientation etc. However, it is difficult to remark conclusively that these various types of buildings are designed energy-effectively, since it is difficult for architects to find useful energy design guideline for decision making. By the preceding study, the present condition and problem about this subject was grasped, apartment building types were examined and representative types were extracted. **Method:** Large apartment building complex having 1940 households, located in haengbok-dosi, sejong city, Korea is used as an example to conduct this study. Representative building types are extracted first. Then, heating and cooling load of households is analyzed. Lastly, effect of outdoor air cooling is investigated by computer simulation. **Result:** Results of this research are summarized as follows:

1. Besides solar gain, household layout of building, orientation, and plan have compositive effects on heating and cooling load. 2. The effect of outdoor air cooling in apartment can be improved by arranging windows of households.

KEYWORD

공동주택 단지
주거동유형
컴퓨터 시뮬레이션

Apartment Building Complex
Building Type
Computer Simulation

ACCEPTANCE INFO

Received May 10, 2017
Final revision received June 12, 2017
Accepted June 17, 2017

© 2017 KIEAE Journal

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

1970~80년대의 고도성장의 상징가운데 하나로서 우리나라에서 흔히 볼 수 있는 것이 성냥갑처럼 대규모로 조성되어 있는 공동주택 단지일 것이다. 그런데, 확실적인 주거동형식이나 배치로 이루어졌던 국내 공동주택 단지는 2000년대 이후, 다양한 유형으로 나타나게 된다. 이러한 현상이 도시단위 규모로 나타나고 있는 곳 가운데 하나가 세종시의 행복도시(행정중심 복합도시) 지구의 공동주택 단지 군락일 것이다. 2010년부터 2016년까지 약 9만호의 주택이 분양되면서 국내 건설시장에서도 주목을 받고 있다.

주거동의 유형과 배치계획의 결정은 설계자가 다양한 여건을 고려하여 결정하겠지만 에너지 효율적 측면에서 실무설계에 반영할 만한 가이드라인은 그다지 많지 않다. 따라서, 도시 미관상 대규모 아파트 단지 군락에 다양한 주거동과 배치를 적용하는 것이 바람직할 수 있겠지만 에너지 효율에 대한 검토가 선행되지 않은 채 이루어진다면 그 영향은 매우 클 것이기 때문에 신중을 기해야 할 것이다.

본 연구는 세종시 행복도시 지구에 조성된 1000세대 이상의 아파트 단지를 대상으로 진행된 일련의 연구 중 하나이다. 선행 연구¹⁾²⁾로서 2012년에 건립된 대규모 공동주택 3개 단지(3576세대)에 대한 조사와 분석연구를 수행한 바 있다.

본 연구에서는 2014년에 조성된 1940세대의 대규모 공동주택 단지를 대상으로 주동형식과 세대의 조합형태에 따라 대표유형을 분류하였다. 이를 토대로 각 구성세대의 열 성능과 환기 성능 등을 분석하여 에너지 효율적인 설계 가이드라인을 위한 참고 자료로서 제시하고자 한다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

본 연구에서 선별된 대상 단지들은 매우 다양한 주거동형식과 배치를 채용하고 있다. 따라서, 주거동유형과 세대구성을 고려하여 대표유형을 추출하고 이를 대상으로 에너지 시뮬레이션을 실시하여 유형별 특징을 검토하였다. 또한, 성능개선을 위한 여건을 통한 자연환기에 의한 냉방부하 절감패턴을 유형별로 분석하였다. 금번 연구에서는 2014년에 조성된 2개의 대규모 공동주택 단지 중 1940세대의 아파트 단지를 대상으로 하여 주거동

- 1) 노지웅, 공동주택 단지의 주동형식에 따른 에너지 비용 분석, 한국태양에너지학회논문집 vol.33 no.1, 2013.2
- 2) 노지웅, 공동주택 단지의 주동형식에 따른 냉방에너지 및 외기냉방효과 분석, 한국태양에너지학회논문집 vol.34 no.4, 2014.8

형식에 대하여 세대구성까지 고려하여 대표적 유형을 도출하였다. 이를 대상으로 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 주거동내 세대별 일사확득과 냉난방 부하를 산출하여 그 특성을 분석하였고, 창 개방을 통한 자연 환기량과 냉방부하 절감효과를 검토하였다.

2. 분석대상 및 시뮬레이션 개요

2.1. 분석대상

행복청 사전 정보공개 자료(2016.11.15.)에 따르면 세종시 행정중심 복합도시(이하 행복도시) 지구내에 2010년부터 2016년까지 공동주택과 도시형 주택을 포함하여 총 9만여호의 주택이 분양되었으며, 최종적으로 약 20만호의 조성을 목표로 하고 있다(표 1).

Table 1. Apartment Provision

Division	2010~2012	2013~2014	2015~2016
Apartment	32,755	29,852	28,045
Urban Housing	725	3,009	1,033

이 가운데 입주일을 기준으로 하여 2011년부터 2016년에 공급된 1000세대 이상의 대규모 아파트 단지의 수와 세대수는 표 2와 같다. 공급된 총 세대수는 2011년을 시작으로 2014~2015년에 최다를 기록하고 있다. 이 가운데 1000세대 이상의 대규모 단지는 2013년을 제외하고 매년 2~3개씩 공급되고 있으며, 금번 연구는 2014년에 걸쳐 조성된 2개 단지 중 1940세대로 구성된 한개 단지를 대상으로 하고 있다.

Table 2. Apartment of 1000 over generations

Division	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Complex	2	3	-	2	2	2
Generation	1582	3576	-	3910	2994	2608
Total	1582	5438	3087	15387	17069	4934

분석대상 단지의 배치는 그림 1과 같다.

선행연구에서 주동형식을 분류기준으로 한 데 대하여 금번연구에서는 주거동3)을 기준으로 더 상세하게 그 유형을 분류하여 표 3, 4와 같이 9가지 유형을 추출하였다.

주거동 형식으로는 크게 4개의 유형으로 분류되었다. 첫째는 각 세대가 3방향으로 120도 간격을 두고 배치된 알파벳의 Y자형으로, 세대구성에 따라 3방향 중 한 방향에 두세대가, 나머지 두 방향으로 각 한 세대가 조합된 유형이 일반적이다. 금번 대상단지에서는 각 방향으로 한 세대가 조합된 유형을 채택하고 있다. 이는 다시 구성세대의 면적에 따라 59m²와 84m²로 세분되어 각각 Case 1, Case 2로 구분하였다. 둘째는 제2의 Y자형으로 Y자 기본형에 한 세대가 일자형으로 추가된 Case 4, 5이다. 셋째

는 V자형으로, 대상단지에는 평면유형이 다른 59m²의 두 세대가 V자로 배치한 유형을 적용하고 있다(Case 3). 넷째는 아파트의 전형적인 배치인 1자형으로 59m²로 구성된 Case 6, 7과 84m²의 Case 8, 9가 이에 해당되며, 동일한 주동형식이지만 주거동은 다른 형식을 갖는 것으로 세분하였다.

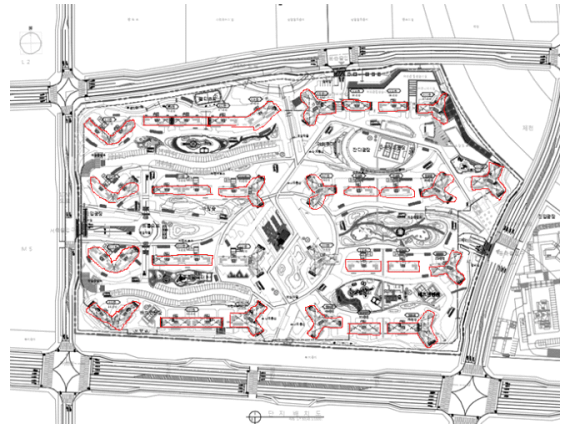


Figure 1. Site Plan of Apartments

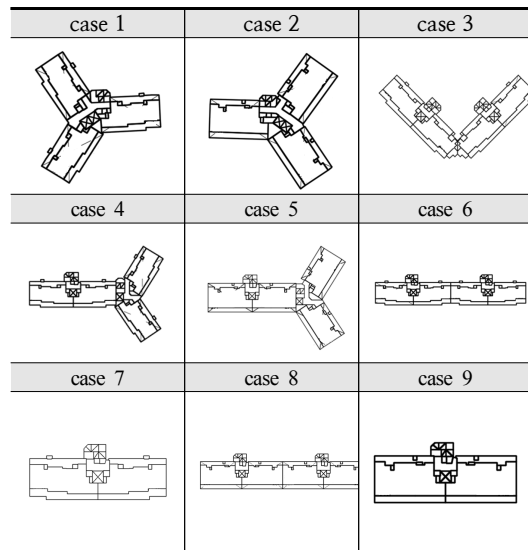


Table 4. Simulation Cases

Case	Building type	Composition
1	(Y,59*3)	59m ² A 3 Household
2	(Y,84*3)	84m ² 3 H.
3	(V,59*2+59*2)	59m ² A 2 H., 59m ² B 2 H.
4	(Y2,59*3)	59m ² A 2 H., 59m ² A 2 H.
5	(Y2,84*4)	84m ² 4 H.
6	(1,59*4)	59m ² A 4 H.
7	(1,59*2)	59m ² A 2 H.
8	(1,84*4)	84m ² 4 H.
9	(1,84*2)	84m ² 2 H.

2.2. 시뮬레이션 개요

3) 동일 코어를 갖는 세대의 조합형식을 주동형식이라 하며, 주거동 형식은 공동주택 한 개 동의 형식을 말함. 즉, 주거동은 주동을 포함하며 2개의 엘리베이터 홀을 갖는 주거동의 경우, 2개의 주동과 1개의 주거동으로 구성됨.

시뮬레이션은 IES 4D사의 VE 프로그램을 사용하였다. VE는 CUI(Common User Interface)와 하나의 IDM(Integrated Data Model)로 연결된 프로그램으로 모든 어플리케이션이 일관된 모양을 가지고 있으며, 하나의 자료입력이 다른 프로그램에서 사용될 수 있다. 본 연구에서는 3D 제작도구인 'Modellt' 와 일사 분석을 위한 'Suncast', 동적 열 시뮬레이션(dynamic thermal simulation) 프로그램인 'Apache-sim' 과 건물내외의 자연 및 기계 환기의 영향을 평가하기 위한 'Macroflo' 등을 사용하였다.

(1) 시뮬레이션 조건

냉난방 부하 산정을 위한 시뮬레이션 조건은 표 5와 같다. 내부 발열량은 공동주택용 관련데이터의 부족으로 Chartered Institution of Building Services Engineers(CIBSE) Guide를 참조하여 선정하였고, 창 밀폐시의 틈새바람을 시간당 0.2회로 설정하였다. 또한, 자연환기에 의한 냉방효과를 검토하기 위해 창 개방의 경우,외기온도 기준 20~24℃ 범위에서 창을 개방상태로 하도록 설정하였다.

Table 5 Calculation condition

condition		
heating set temp.	20°C	
cooling set temp.	26°C	
internal heat gain	machine and illumination	7.53 [W/m ²]
	human [W/person]	sensible: 73.3 latent: 58.6
weather data	korean solar energy society	

(2) 벽체 및 창호구성

벽체 구성재료의 물성치는 표 6와 같다. 또한, 벽체의 열관류율, 창호의 열적 물성치는 표 7, 8과 같다.

Table 6. Properties of wall

material	conductivity [W/m · k]	density [kg/m ³]	specific heat[J/kg · K]
mortar	1.4	2000	900
concrete	1.3	2200	1000
insulation	0.037	25	1470
plaster board	0.18	750	870
light-weight concrete	0.19	500	1000

Table 7 U-values of walls

walls	U-value[W/m2 · K]
exterior wall	0.322
side wall	0.306
balcony wall	3.776
sleeve	1.740

Table 8. Properties of glass

	U-value [W/m2 · K]	g-value [%/100]	Thickness [mm]
22mm pair glazing	1.984	0.640	5/12/5
5mm single glazing	6.50	0.793	5

3. 시뮬레이션 결과분석

3.1. 일사획득 열량

일사획득 열량은 겨울철에는 난방부하 절감에 크게 기여하지만 여름철에는 냉방부하의 증가를 초래하는 주요 특성이다. 산출된 각 Case별 단위 면적당 연간 일사 획득량은 표 9와 같다.

통상적으로 Y자, V자와 같이 인접세대간에 음영의 영향을 받기 쉬운 주동형에 비하여 1자형은 일사 및 일조에 유리한 측면이 있다. 그 외에 건물의 향과 같은 여러 가지 요인이 작용하므로 현 단계에서 전체 일사량의 크고 작음이 미치는 영향은 단정하기 어렵다. 계산 결과에 의하면 전반적으로 1자형이 다른 유형에 비하여 높은 일사량을 나타내고 있다.

Table 9. Solar Gain of households (Unit: KWh/m²)

Division	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5
Solar Gain	46.7	40.1	56.7	50.9	44.4
	Case 6	Case 7	Case 8	Case 9	
Solar Gain	55.2	59.1	50.2	43.8	

3.2. 냉난방 부하 요구량

주거동 유형의 차이에 따른 냉난방 부하 요구량을 산출하였다(그림 2,3). 주거동 유형별(Y,V,Y2) 난방부하 요구량으로 59m²의 Case 1, 3, 4, 6, 7을 비교하면, V자형인 Case 3에서 최저값(5.02 MWh/yr·세대), Y자 기본형인 Case 1에서 최대값(5.64 MWh/yr·세대)을 나타냈다. 세대면적 84m²의 경우에는 1자형의 4세대 조합형인 Case 8에서 최저값(5.05 MWh/yr·세대), 1자형의 2세대 조합형인 Case 9에서 최고값(5.7 MWh/yr·세대)을 나타냈다. 또한, 세대면적에 관계없이 Y2형(Y자 변형형)인 Case 4, 5가 Y자 기본형인 Case 1, 2보다 낮은 값을 나타냈다. 현 단계에서 Y자 기본형과 1자형의 2세대 조합형이 상대적으로 난방부하 요구량이 높은 것으로 분석되며, Y2형(Y자 변형형)은 Y자 기본형보다 난방부하 요구량이 낮은 것으로 분석된다.

주거동 유형별(Y,V,Y2) 냉방부하 요구량으로 59m²의 Case 1, 3, 4, 6, 7을 비교하면, V자형인 Case 3에서 최저값(3.0 MWh/yr·세대), Y2형(Y자 변형형)인 Case 4에서 최고값(3.17 MWh/yr·세대)을 나타냈지만 각 Case간 편차는 매우 작았다. 세대면적 84m²의 경우에는 59m²에서보다 각 Case간 편차가 크게 나타났다. 최대값(5.16 MWh/yr·세대)을 나타낸 것은 Y2형(Y자 변형형)인 Case 5 이고, 최저값(3.91 MWh/yr·세대)을 나타낸 1자형의 2세대 조합형인 Case 9와는 큰 차이를 보였다. Y자 기본형인 Case 2는 비교적 낮은 값(4.27 MWh/yr·세대)을, 1

자형의 4세대 조합형인 Case 8은 비교적 높은 값(4.91 MWh/yr·세대)을 보였다.

3.3. 창을 통한 자연환기량

주거동 유형별(Y,V,Y2) 자연환기로 59m²의 Case 1, 3, 4, 6, 7을 비교하면, 최대 환기량을 나타낸 Y2형(Y자 변형형)의 Case 4를 비롯하여 Case 3, 6에서 비교적 높은 값을 나타냈다. 반면, Y자 기본형인 Case 1에서 최저 환기량을 나타냈으며 Case 7은 상대적으로 낮은 값을 보였다. 각 Case별 편차는 매우 큰 것으로 나타났다.

84m²의 경우에는 각 Case별 차이가 크지 않지만 1자형의 4세대 조합형인 Case 8에서 상대적으로 낮은 값을 나타내고 있다.

월별 분포를 보면 전 Case가 공통적으로 6월과 9월에 최대 환기량을 나타내며 중간기 자연환기를 통한 냉방부하 요구량 감소의 잠재 가능성이 높을 것으로 사료된다.

현 단계에서 냉방부하 요구량의 결과(그림 4, 5)는 각 Case간 차이가 난방부하 요구량에 비해 매우 크며 Case별로 난방부하 요구량과 다른 경향을 보이고 있다. 즉, Y2형(Y자 변형형)은 Y자 기본형보다 냉방부하 요구량이 크며, 난방부하 요구량이 상대적으로 큰 1자형의 2세대 조합형이 냉방부하 요구량은 가장 낮았으며, 1자형의 4세대 조합형인 Case 8은 상대적으로 높은 냉방부하 요구량을 나타내 어떤 경향을 파악하기 위해서는 추가적인 검토가 필요할 것으로 사료된다.

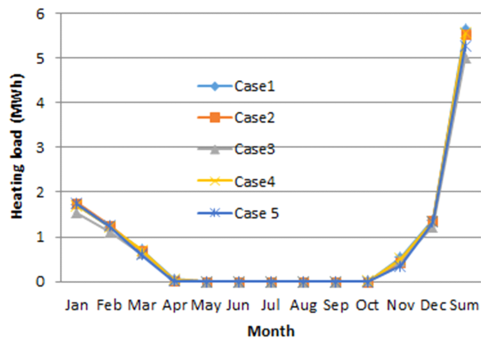


Figure 2. Heating Load(Case1-Case5) (Unit : MWh)

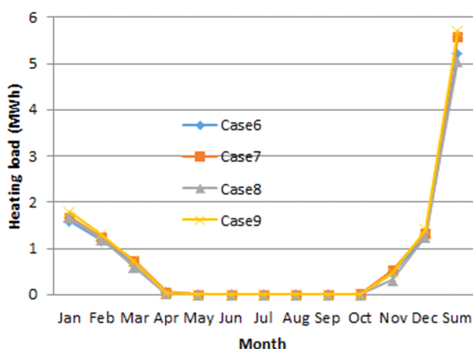


Figure 3. Heating Load(Case6-Case9) (Unit : MWh)

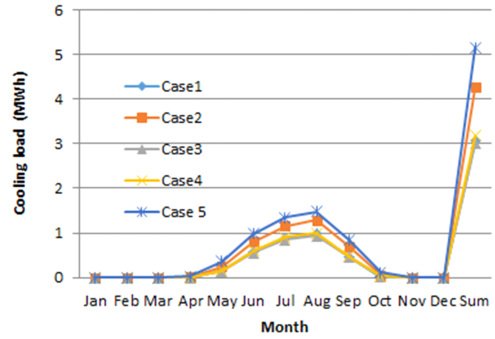


Figure 4. Cooling Load(Case1-Case5) (Unit : MWh)

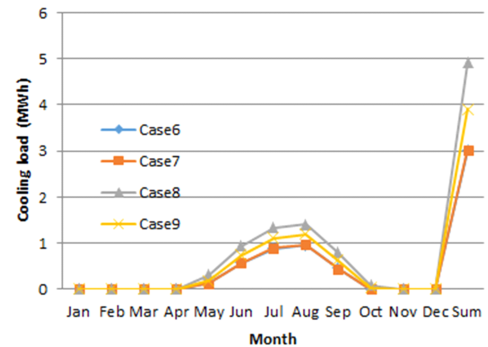


Figure 5. Cooling Load(Case6-Case9) (Unit : MWh)

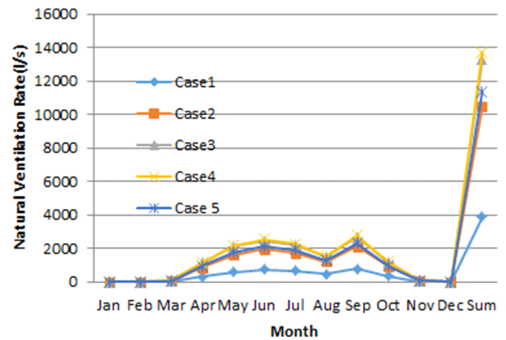


Figure 6. Natural Ventilation Rate(Case1-Case5) (Unit : l/s)

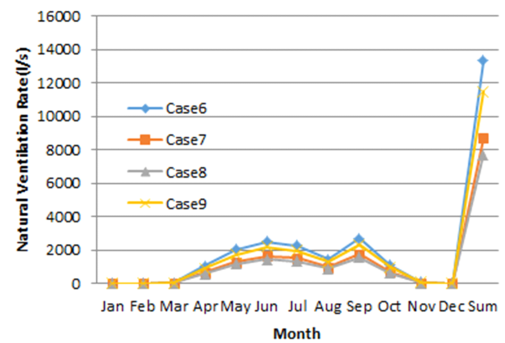


Figure 7. Natural Ventilation Rate(Case6-Case9) (Unit : l/s)

3.4. 자연환기에 의한 냉방부하 요구량 절감

자연환기를 이용한 경우의 각 Case 별 냉방부하 요구량 절감은 그림 8, 9와 같다.

전체적으로 50%이상 절감된 값을 나타내 자연환기가 냉방부하 절감에 매우 효과적임을 알 수 있다.

주동유형별(Y,V,Y2) 세대면적 59m²의 Case 1, 3, 4, 6, 7을 비교하면 Case 3, 4, 6에서 상대적으로 높은 값을 나타냈는데 이 Case들은 자연 환기량에서도 높은 값을 나타낸 바 있다. 가장 낮은 값을 보인 것은 Y자 기본형인 Case 1로서 자연 환기량도 가장 낮은 수치를 보인 Case에 해당된다.

세대면적 84m²의 Case 2, 5, 8, 9를 비교할 경우, 냉방부하 요구량과 자연 환기량이 상대적으로 높았던 Case 5(Y2형)에서 최대 절감량을 나타냈으며, 냉방부하 요구량은 최소였지만 환기량은 상대적으로 높았던 Case 9(1자, 4세대)에서 최소 절감량을 나타냈다.

본 연구에서 검토한 모든 Case에서 매우 높은 절감효과를 나타냈으나 그 효과의 크고 작음은 단순히 환기량만의 영향도 냉방부하 요구량만의 영향도 아닌 복합적인 작용의 결과로 사료된다.

이러한 절감효과로 인하여 최종적인 냉방부하 요구량은 그림 10, 11과 같이 나타났다. 전체적으로 50%이상 절감된 값을 나타내 자연환기가 냉방부하 절감에 매우 효과적임을 알 수 있다.

세대면적 59m²의 경우, Case 1, 7, 4, 6, 3의 순서로 높게 나타났으며, 창 환기가 없는 조건에서 가장 냉방부하 요구량이 컸던 Case 4는 높은 환기량으로 인하여 순위의 개선효과가 발생했다. 세대면적 84m²의 경우, Case 8, 5, 2, 9의 순서로 높은 값을 보였으며, 상대적으로 Case 8보다 환기량이 많은 Case 5가 최종적으로는 Case 8보다 약간 낮은 값을 보이게 되었다.

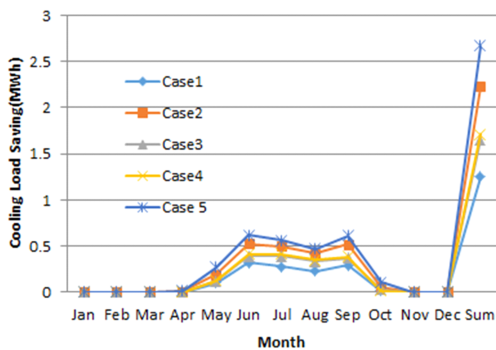


Figure 8. Cooling Load Saving(Case1-Case5) (Unit : MWh)

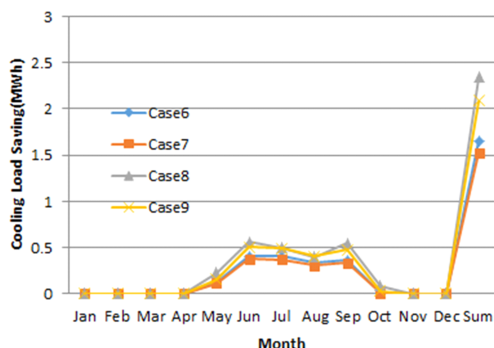


Figure 9. Cooling Load Saving(Case6-Case9) (Unit : MWh)

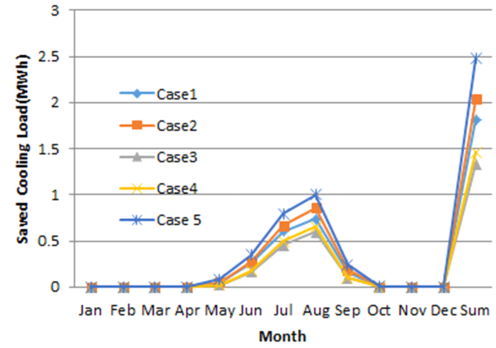


Figure 10. Saved Cooling Load (Case1-Case5) (Unit : MWh)

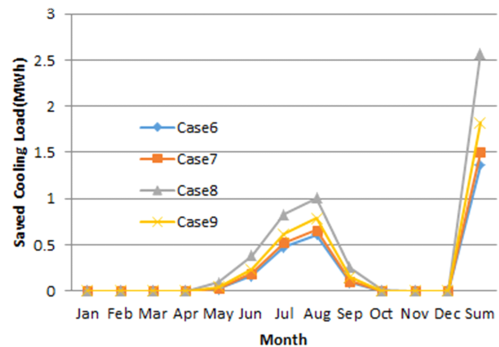


Figure 11. Saved Cooling Load (Case6-Case9) (Unit : MWh)

3.5. 주거동 유형 및 구성세대별 자연환기량

월별 분포에서 전 Case가 공통적으로 최대 환기량을 나타낸 6월과 9월 중 6월에 대하여 대표일(5일, 15일)을 선정하고, 오후 2시에 이루어진 환기패턴을 주거동 유형 및 구성세대별로 나타내면 그림 12와 같다. 본 시뮬레이션은 비정상상태 해석이므로 정상상태와 다르게 유입량과 유출량이 반드시 일치하지는 않고 있다. 불일치의 경우 실질적 환기량은 보다 작은 값을 취하였다.

주거동 유형별(Y, V, Y2, 1) 구성세대의 자연 환기량을 보면 일별로는 전 Case에서 5일보다 15일의 환기량이 2배 전후로 크게 나타나고 있다. 최대 환기량(548.7 [l/s])을 나타낸 것은 Case 6(1자형)의 5월 15일로서, 최소 환기량(62.7 [l/s])을 나타낸 Case 1의 5월 1일보다 약 9배 큰 값을 보이고 있다.

주거동 유형별로는 Case 3과 6에서 비교적 높은 값을 나타냈고, Case 1은 가장 낮은 값을 나타내 추가적인 분석을 통하여 그 문제점을 찾아낼 필요가 있을 것으로 사료된다. 또한, 세대간의 차이를 보면 타 Case에 비하여 Case 6은 세대간 편차가 거의 발생하지 않은 고른 분포를 나타냈다.

향후, 각 세대의 평면유형을 고려한 실내 기류패턴 해석을 추가하여 이번 연구에서 드러난 주거동 유형, 냉난방 요구량, 창면적, 환기량 등의 상관분석을 수행할 예정이다. 이러한 일련의 연구과정을 통하여 최종적으로 유효한 설계자료를 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

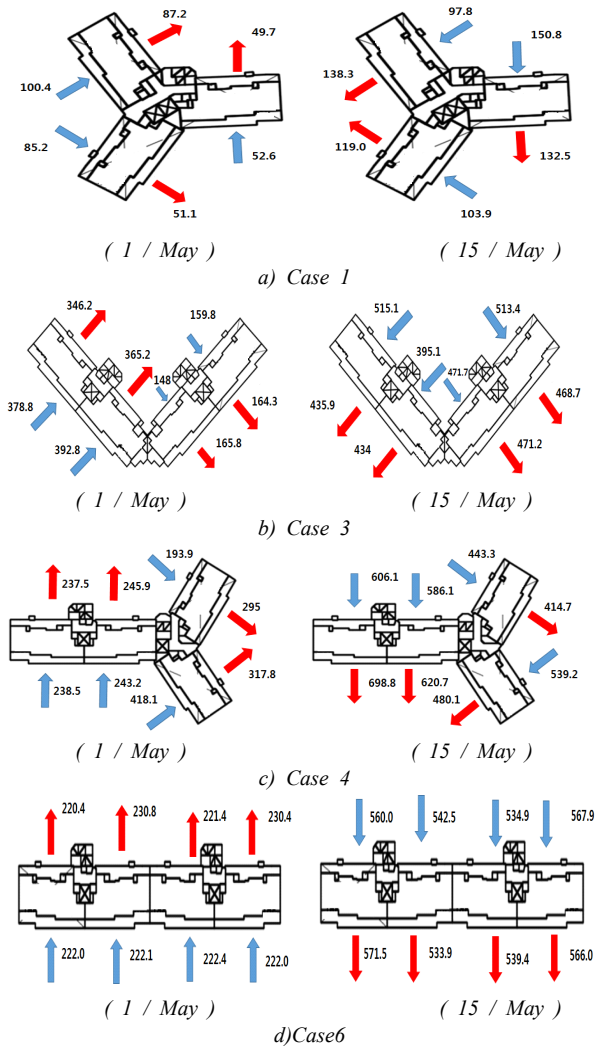


Figure 12. Air Change Rate(l/s) of Cases

4. 결론

세종시 행복지구내에 조성된 대규모 공동주택 단지 중 1940 세대의 아파트 단지를 대상으로 하여 주거동 형식을 고려하여 대표적 유형을 도출하였다. 이를 대상으로 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 주거동내 세대별 일사획득과 냉난방 부하 요구량을 산출하여 그 특성을 분석하였고, 창 개방을 통한 자연 환기량과 냉방부하 요구량 절감효과를 검토하였다. 주요결과는 다음과 같다.

첫째, 주거동 유형별(Y,V,Y2) 일사량은 V자형인 Case 3, 1 자형인 Case 6, 7에서 비교적 높은 값을 나타냈다. 난방부하 요구량은 V자형인 Case 3에서 최저값(5.02 MWh/yr·세대), Y자 기본형인 Case 1에서 최대값(5.64 MWh/yr·세대)을 나타냈다. 또한, Y2형(Y자 변형형)인 Case 4, 5는 Y자 기본형인 Case 1, 2 보다 낮은 값을 나타냈다.

둘째, 주거동 유형별(Y,V,Y2) 냉방부하 요구량으로 59m²의 Case 1, 3, 4, 6, 7을 비교한 결과, 각 Case간 편차는 매우 작았다. 반면에 세대면적 84m²의 경우에는 59m²에서보다 각 Case간 편차가 크게 나타났다. 최대값(5.16 MWh/yr·세대)을 나타낸 것은

Y2형(Y자 변형형)인 Case 5 이고, 최저값(3.91 MWh/yr·세대)을 나타낸 1자형의 2세대 조합형인 Case 9와는 큰 차이를 보였다.

셋째, 주거동 유형별(Y,V,Y2) 자연환기로 59m²의 Case 1, 3, 4, 6, 7을 비교하면, 최대 환기량을 나타낸 Y2형(Y자 변형형)의 Case 4를 비롯하여 Case 3, 6에서 비교적 높은 값을 나타낸 반면, 최저 환기량을 나타낸 Y자 기본형인 Case 1과 Case 7은 상대적으로 낮은 값을 보였다.

넷째, 자연환기에 의한 각 Case 별 냉방부하 요구량 절감을 주거동 유형별(Y,V,Y2) 세대면적 59m²의 Case 1, 3, 4, 6, 7을 비교하면 Case 3, 4, 6에서 상대적으로 높은 값을 나타냈는데 이 Case들은 자연 환기량에서도 높은 값을 나타낸 바 있다. 가장 낮은 값을 보인 것은 Y자 기본형인 Case 1로서 자연 환기량도 가장 낮은 수치를 보인 Case에 해당된다.

전체적으로 50%이상 절감된 값을 나타내 자연환기가 냉방부하 절감에 매우 효과적임을 알 수 있다.

다섯째, 6월의 대표일(5일, 15일)에 대하여 오후 2시에 이루어진 환기패턴을 주거동 유형 및 구성세대별로 분석한 결과, 주거동 유형별로는 Case 3과 6에서 비교적 높은 값을 나타냈고, Case 1은 가장 낮은 값을 나타냈다. 또한, 세대간의 차이를 보면 타 Case에 비하여 Case 6은 세대간 편차가 거의 발생하지 않은 고른 분포를 나타냈다.

Reference

- [1] 노지웅, “공동주택 단지의 주동형식에 따른 냉난방 에너지 비용 분석”, 한국태양에너지학회지. Vol. 33, No.1, 2013 // (Roh, Ji-Woong, Analysis of the Energy Cost according to Building Type of Apartment Complex, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 33, No.1, 2013)
- [2] 노지웅, “공동주택 단지의 주동형식에 따른 냉난방 에너지 및 외기냉방 효과 분석”, 한국태양에너지학회지. Vol. 34, No.4, 2014 // (Roh, Ji-Woong, Analysis of Heating and Cooling and Effect on Outdoor Air Cooling according to Building Type of Apartment Complex, Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 34, No.4, 2014)
- [3] I. Song, K. B., et al, A study on the planning methods for residential building block layout of newtown housing complex in the metropolitan area, Journal of the architectural institute of Korea planning and design, 2007.7
- [4] Lee, J. H., et al, A study on the age of air and pressure difference according to the layouts of tower-shape apartment buildings, Proceedings of the SAREK 2005 summer annual conference, 2005
- [5] Lee, B. H., et al, A comparative study of building energy simulations for building types in multiple stock housing based on BIM, Journal of the Korea institute of ecological architecture and environment vol. 10 no. 4, 2010.8
- [6] Lee, J. H., et al, A study on the modeling methods of tower type apartment house, Journal of the Korean solar energy society vol.30 no.3, 2010.6
- [7] Lee, J. B., Study on the application methods of the various types of apartment buildings based on the sun shade layout and possibility of the advanced application to PUD planning, Journal of the architectural institute of Korea planning and design vol.27 no.2, 2011.2