[논문] 한국태양에너지학회 논문집
Journal of the Korean Solar Energy Society

Vol. 33, No. 1, 2013
ISSN 1598-6411
http://dx.doi.org/10.7836/kses.2013.33.1.096

공동주택 단지의 주동형식에 따른 냉난방 에너지 비용 분석

노지웅*

*홍익대학교 건축학부(jwroh@hongik.ac.kr)

An Analysis of Heating and Cooling Energy Cost according to Building Type of Apartment Complex

Roh, Ji-Woong*

*Dept. of Architecture, Hongik University(jwroh@hongik.ac.kr)

Abstract

This study aims to investigate the energy performance of apartment in respect of complex design, building type and generation house layout and finally to produce the guide line for energy saving design. To grasp the present condition and problem about this subject, apartment building types were examined and representative types were extracted. Considering azimuth angle, private area, and generation number, building type of the subject apartment was classified in detail, energy simulation was conducted, and the effect to energy cost was compared. In the research, using VE energy simulation program, the heating and cooling load were calculated and converted to energy cost. It is expected that this analysed results will be basic data for the more integrated study. Research consequence can be summarized as follow:

1) Energy cost is compared according to several azimuth in plank '一'type apartment. As the results, calculated gas cost is the best in 49°, but total cost is in -31°.
2) Apartment buildings of tower types are compared, it is resulted that 'Y' type (azimuth -7°, -20°) is the best in gas cost, but the total cost is worst because of high cooling load.

Keywords : 주동형식(Building Type), 판상형(Plank Type), 탑상형(Tower Type), 공동주택 단지(Apartment Complex), 에너지 시뮬레이션(Energy Simulation), 에너지 비용(Energy Cost)

1. 서 론

21세기에 접어들면서 기후변화 협약에 대한 온실가스 의무감축량을 이행하기 위하여 제반노력이 전 산업분야를 통하여 활발하게 추진되고 있다. 건축분야에서도 신축 건축물의

Submit date : 2012. 12. 24. Judgment date : 2012. 12. 27. Publication decide date : 2013. 2. 25
Communication author : Roh, Ji-Woong(jwroh@hongik.ac.kr)

에너지절약 성능기준을 강화하고 에너지 효율화 방안을 개발하며 지원대책을 수립하는 등 적극적으로 대처하고 있다. 그 가운데 주거용 건물의 에너지 성능 향상은 온실가스 감축효과 외에도 국민들에게 양질의 주거환경을 제공한다는 측면에서 더욱 의미가 깊다 할 것이다.

공동주택은 국내의 경우 대표적 주거용 건물 유형으로서 적절한 에너지절약 방안 마련에 의한 성능 개선은 그 파급효과가 매우 크다고 할 수 있다. 공동주택의 에너지 절약과 관련하여 다양한 측면에서 많은 연구개발이 이루어졌지만 실제 건설시장에서의 적용되는 것은 그다지 많지 않은 실정이다. 그 원인으로는 개발된 기술이 대부분 요소기술들에 대한 것으로서 이를 실제 건물에 종합적으로 적용하고 구현하는 노하우는 매우 미흡한 때문으로 이에 대한 보완이 절실히 요구되고 있다.

공동주택에 대해서는 많은 연구가 이루어져 왔지만 정작 설계자가 설계시 많은 시간을 투여하는 단지 배치계획, 주동형식과 세대배치 등이 에너지 성능에 미치는 영향에 대해서는 상대적으로 연구성과로서 알려진 것이 매우 적은 실정이다. 송기백 등[1]은 주동배치에 대한 건축계획적 요소들을 분석하였고, 이정현 등[2]은 외부기류 정체도 및 환기성능을 고려한 아파트 단지의 주동계획을 검토하였다. 이병호 등[3]은 탑상 'Y자형' 공동주택을 대상으로 에너지 성능을 검토하였고, 이재혁 등[4]은 탑상형 공동주택의 에너지 성능을 검토하였다. 또한, 다양한 주동형식이 등장함에 따라 기존의 주동 분류방식(판상형과 탑상형)을 보다 세분화하기도 하였는데 이장범은 다양한 아파트 주동형식을 도출하여 일영특성을 검토한 바 있다. 그러나, 지금까지의 이와같은 연구들은 실험실 안에서처럼 한정된 조건하에서 이루어졌기 때문에 실무자들이 참조할 수 있는 가이드라인을 제시하기 위해서는 실제 건물들이 처해있는 다양한 요인들을 조합한 보다 종합적인 검토가 필요할 것이다.

본 연구의 최종적인 목표는 공동주택의 단지배치, 주동형식과 세대배치에 대한 다양한 조합에 대하여 에너지 성능을 검토하여 에너지 절약형 설계의 가이드라인을 제공하는 것이다. 금번 연구에서는 현황을 파악하고 문제점을 도출하기 위하여 서로 다른 배치를 갖는 2개의 공동주택 단지를 대상으로 주동형식을 검토하여 대표유형을 도출하고, 시뮬레이션을 통하여 에너지 비용에 미치는 영향을 비교, 검토하였다. 대상단지에 대한 주동유형의 분류는 방위각, 전용면적, 구성 세대수 등을 고려하여 보다 세분화하였다. 에너지 시뮬레이션은 통합 에너지 시뮬레이션 프로그램인 VE를 이용하여 냉난방 부하와 가스 및 전기 소비량을 산출하였고 다시 에너지 비용으로 환산하였다.

2. 해석대상 및 시뮬레이션 조건

에너지 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 'ModelIt'와 일사분석을 위한 'Suncast' , 동적 열 시뮬레이션(dynamic thermal simulation) 프로그램인 'Apache-sim' 과 건물내외의 자연 및 기계 환기의 영향을 평가하기 위한 'Macroflo' 등을 사용하였다.

2.1 해석대상 모델링

본 연구에서는 2012년 7월에 완공된 세종시 첫마을 아파트 3개단지 중 2개 단지를 선

1),2),3),4) 참고문헌 참조
5) 주동유형 분류를 참조하여 본 연구의 유형분류에 적용

정하여 해석대상으로 하였다.

Table. 1 Generation of two apartment complex

com-plex	household (number)	site area (m^2)	building coverage (%)	volume ratio (%)	building area (m^2)
A	1240	107,484	17.08	139.09	18,374.64
B	1328	90,527	17.13	186.88	15,503.27

Fig. 1 Simulated apartment complex

대상 공동주택 단지의 세대수와 배치는 다음과 같다.

Table. 2 Generation house number

personal use [m^2]	59	84	101	114	149
A	0	616	129	327	12
B	214	364	210	516	24

해석대상인 A단지와 B단지는 공통적으로 판상형과 탑상형을 혼용하고 있지만 A단지는 전체 25개 주동 중 고층형(28층)의 3개동을 제외한 22개 동이 중층형(10층)의 판상형으로 이루어져 있다. 반면 B 단지는 전체 13개 주동 중 고층형(19층)의 4개동이 판상형, 고층형(29층)의 9개동이 탑상형으로서 탑상형이 주된 주동형식을 이루고 있다.

대상단지의 주동형식은 형태와 방위각, 전용면적, 구성 세대수등을 고려하여 다음과 같이 세분화하여 분류하였다. A단지의 판상형은 모두 '一 자형'의 형상으로 되어 있지만 방위각에 따라 남동향(방위각 -31°~-77°) 19개 동, 남서향(방위각 49°) 3개동으로 구성되어 있다. 주동내 구성세대는 2개 세대의 4개동을 제외하고 대부분이 4개 세대로 이루어져 있다. 탑상형은 'ㄴ 자형'의 형상의 방위각 -44°로서 거실 창은 각각 연결된 2개 방향을 향하는 구조로 되어있다. B단지의 판상형은 'T자형'과 'ㄱ자형'으로서 방위각은 두 방향으로 각각 83°, -7°를 이루고 있다. 탑상형은 'ㅁ자형' 과 'ㄴ자형', 'Y자형' 이며 'ㄴ자형'은 'ㅁ자형'의 세대구성에서 일조가 나쁠 것으로 예측되는 북측세대를 없앤 구조로 되어있다. 'Y자형'은 3개 동의 방위각은 -20°, 1개동은 -7°로 되어있다.

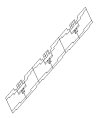
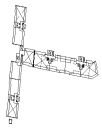
Type 1	Type 2	Type 3
		
Type 4	**Type 5**	**Type 6**
Type 7		

Fig. 2 Apartment building types

Table. 3 Generation of calculation types

		personal use area(household)	azimuth angle(°)	building number
A	Type Ⅰ-1	84(4)	-33	2
	Type Ⅰ-2	84(4)	-41	5
	Type Ⅰ-3	84(4)	-60	3
	Type Ⅰ-4	84(2)	49	3
	Type Ⅰ-5	101(4)	-36	2
	Type Ⅰ-6	101(4)	-77	1
	Type Ⅰ-7	114(2)	-31	1
	Type Ⅰ-8	114(4)	-41	5
	Type Ⅱ	84(3)	-45	3
B	Type Ⅲ	59(6)+84(4)	83, -7	1
	Type Ⅳ	59(6)+84(4)	83, -7	2
	TypeⅤ	84(2)+114(2)	-40	3
	Type Ⅵ	84(1)+14(2)	-40	2
	TypeⅦ-1	101(2)+114(2)	-20	3
	TypeⅦ-2	101(2)+114(2)	-7	1

2.2 시뮬레이션 조건

(1) 벽체 및 창호구성

A 단지와 B 단지의 공동주택은 동일한 외피구조로 되어있다. 벽체 구성재료의 물성치는 표 4와 같다. 또한, 벽체의 열관류율, 창호의 열적 물성치는 표 5, 표 6과 같다.

Table. 4 Properties of wall

material	concuctivity $[W/m \cdot k]$	density $[kg/m^3]$	specific heat $[J/kg \cdot K]$
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. 5 U-values of walls

walls	U-value[W/m^2 · K]
exterior wall	0.322
side wall	0.306
balcony wall	3.776
sleeve	1.740

Table. 6 Properties of glass

	U-value [W/m^2 · K]	g-value [%/100]	Thickness [mm]
22mm pair glass	1.984	0.640	5/12/5
5mm single glass	6.50	0.793	5

(2) 시뮬레이션 조건

냉난방 부하 산정을 위한 시뮬레이션 조건은 표 7과 같다. 단, 자연환기의 영향을 검토하기 위하여 A 단지는 창 밀폐, B단지는 외기온도 기준 20~24℃ 범위에서 창을 개방상태로 하도록 설정하였다.

냉난방 부하가 산출된 후, UK NCM(National Calculation Methodology)에서 제공하는 시스템의 COP 값을 적용하여 보일러와 칠러 등의 에너지 소비량을 구하였다. 즉, 바닥난방 시스템의 Heating SCop(seasonal COP)는 0.6[kW/kW'], 보조동력 소모값은 0.330[kWh/m^2 · yr]을 적용하였다. 냉방은 분산식 패키지형 에어컨 시스템으로서 Nominal EER(energy efficiency ratio) 값은 2.5[kW/kW'], Seasonal EER 값은 2.0, SSEER(system seasonal EER)은 1.35로 설정하였다. 실외기 펌프 및 팬의 동력소모는 제거열량의 10%, 실내 공조팬의 소비는 27.1[kWh/m^2 · yr]를 적용하여 분석하였다.

난방요금 환산은 2012년 7월 이후로 과거 부피단위[원/Nm^3]에서 열량단위[원/MJ]로 변경되었기 때문에 열량단위인 20.4[원/MJ]를 적용하였다. 전기요금 환산은 한전 전기요금 환산기준을 적용하여 산출하였다.

Table. 7 Calculation condition

	condition	
heating set temp.	20℃	
cooling set temp.	26℃	
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	

Table. 8 Electricity cost standard

basic cost(won/household)		electricity cost[won/kWh]	
100kWh 이하사용	390	처음 100kWh까지	57.9
101~200kWh 사용	870	다음 100kWh까지	120.2
201~300kWh 사용	1,530	다음 100kWh까지	179.4
301~400kWh 사용	3,680	다음 100kWh까지	267.8
401~500kWh 사용	6,970	다음 100kWh까지	398.7
500kWh 초과사용	12,350	500kWh 초과	677.3

3. 시뮬레이션 결과 분석

3.1 에너지 소비량

냉난방 부하로부터 시스템 효율을 적용하여 에너지 소비량을 산출하였다. 이때 전기소비량에는 일반기기 및 조명기기 사용량이 포함되어 있기 때문에 실제 냉방에 소요된 전기소비량은 이를 제한 값이 된다.

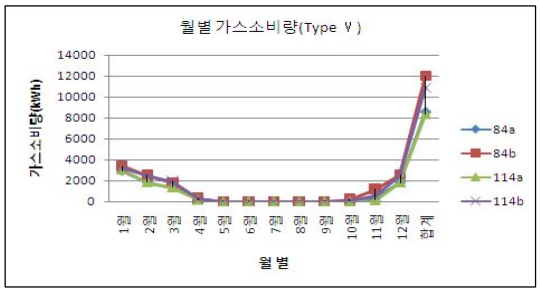


Fig. 3 Monthly gas consumption(Type Ⅴ)

3.2 가스 및 전기비용

산출된 가스 및 전기소비량으로부터 주동유형과 구성세대에 대한 가스 및 전기비용을 도출하였다(그림 5~17 참조). 그림의 a,b,c,d는 각 세대의 위치를 나타내며 일부 주동유형(type Ⅰ-3, Ⅰ-7 등)은 여타 유형에 비해 검토한 세대 표본수가 적었다.

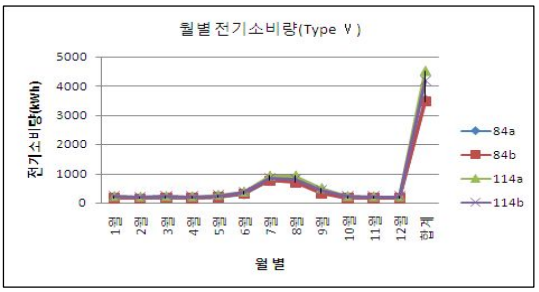


Fig. 4 Monthly elecricity consumption(Type Ⅴ)

(1) Type Ⅰ

판상 '一자형'으로 구성세대의 전용면적이 84m^2 인 Type Ⅰ-1~4의 경우, 가스비는 남동향인 Ⅰ-1~3보다 남서향인 Ⅰ-4에서 가장 작게 나타났다.

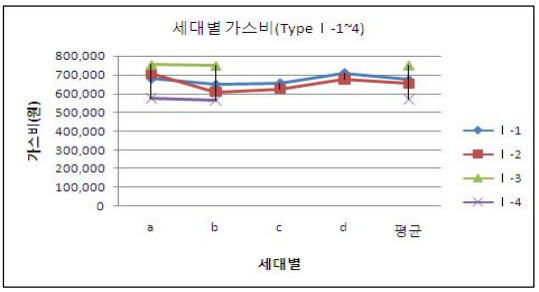


Fig. 5 Yearly gas cost(Type Ⅰ-1~4)

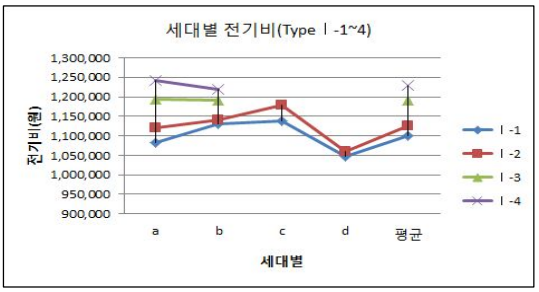


Fig. 6 Yearly electricity cost(Type Ⅰ-1~4)

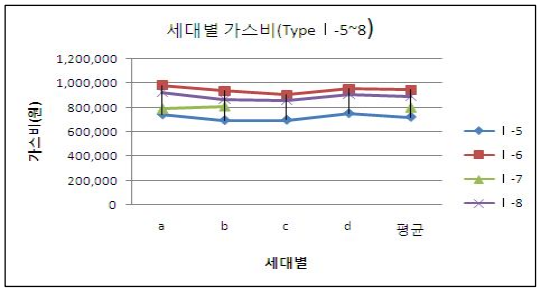


Fig. 7 Yearly gas cost(Type Ⅰ-5~8)

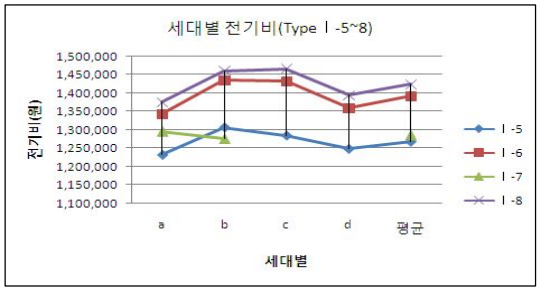


Fig. 8 Yearly electricity cost(Type Ⅰ-5~8)

또한, 남동향의 3개 Type(Ⅰ-1~3)에서 방위각이 33°와 41°의 값은 비슷한 값을 나타냈지만 60°의 경우 크게 증가하는 것으로 나타났다. 전기비는 가스비와는 반대로 남서향인 Ⅰ-4가 가장 크며 남동향 중에서는 방위각이 가장 큰 60°에서 가장 큰 값을 나타냈다. 적절한 차폐장치를 강구하여 냉방비를 줄일 수 있다면 남서향이 남동향보다 에너지 측면에서 보다 유리한 결과를 나타냈다.

전용면적이 101, 114m^2 인 Type Ⅰ-5~8의 경우, 가스비는 방위각이 31~45도 범위인 3개 Type(Ⅰ-5,7,8)에서는 큰 차이가 없었지만 77°(Ⅰ-6)에서 크게 증가하고 있다. 냉방비는 방위각에 비례하는 경향을 나타내 77°(Ⅰ-6)에서 가장 큰 값을, 31°(Ⅰ-7)에서 가장 적은 값을 보였다.

(2) Type Ⅱ

탑상 'ㄴ자형'으로 방위각 -45°, 전용면적이 84m^2 인 Type Ⅱ의 경우, 가스비는 거실창의 향이 (sw,se)인 세대에서 가장 작게, (ne,se)인 세대에서 가장 크게 나타났다. 그러나, 냉방비는 반대의 경향을 나타내 일사차폐가 없이 향배치 만으로는 전체적인 에너지 비용을 줄일 수 없는 것으로 판단된다.

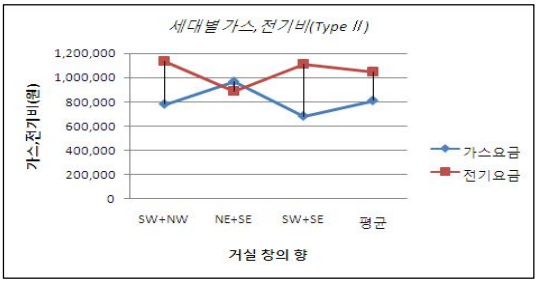


Fig. 9 Yearly gas / electricity cost(Type Ⅱ)

(3) Type Ⅲ

판상 'T자형'으로 방위각 83도 위치에 59m^2 5세대, -7° 위치에 59m^2 1세대, 84m^2 4세대로 구성되어 있다. 가스비는 방위각 83° 위치의 59m^2 세대가 평균 670,000[원/yr], -7° 위치

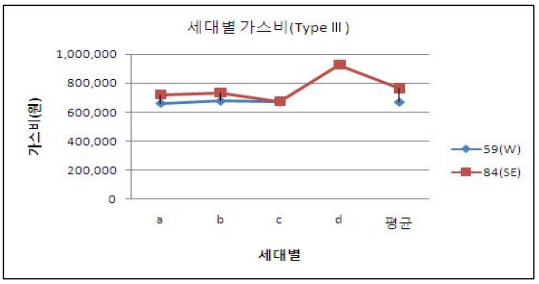


Fig. 10 Yearly gas cost(Type Ⅲ)

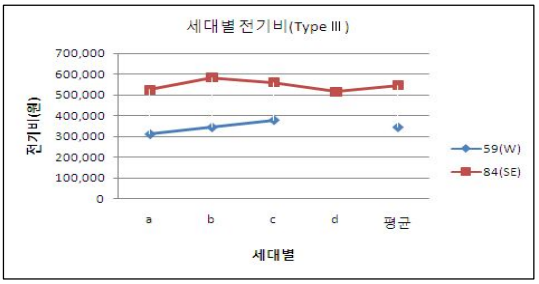


Fig. 11 Yearly electricity cost(Type Ⅲ)

의 84m^2 세대가 평균 764,000[원/yr] 으로 나타났고, 단위면적당 가스비는 59m^{2}에서 11350[원/yr], 84m^2 에서 8824[원/yr]을 나타내 방위에 따른 차이가 드러났다. 전기비는 59m^{2}에서 345,000[원/yr], 84m^2 에서 546,000[원/yr]이며, 단위면적당 전기비는 59m^2 가 5,845[원/yr], 84m^2 가 6,497[원/yr]을 나타냈다.

(4) Type Ⅳ

판상 'ㄴ자형'으로 세대배치는 Type Ⅲ과 동일한 형태로서 난방비는 59m^{2}에서 696,000[원/yr], 84m^2 에서 775,000[원/yr]으로 단위면적당 가스비는 59m^{2}에서11,800[원/yr], 84m^{2}에서 8450[원/yr]을 나타냈다. 전기비는 각각 평균 336,000[원/yr], 571,000[원/yr], 단위면적당 5696[원/yr], 6807[원/yr]을 나타냈으며, 전반적으로 Type Ⅲ과 유사한 경향을 나타냈다.

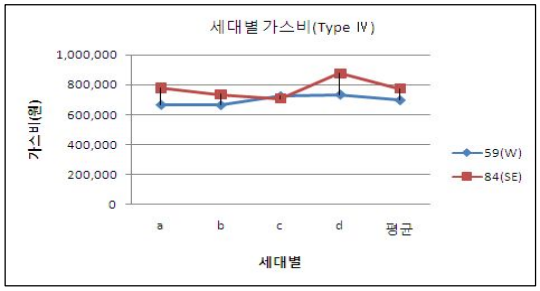


Fig. 12 Yearly gas cost(Type Ⅳ)

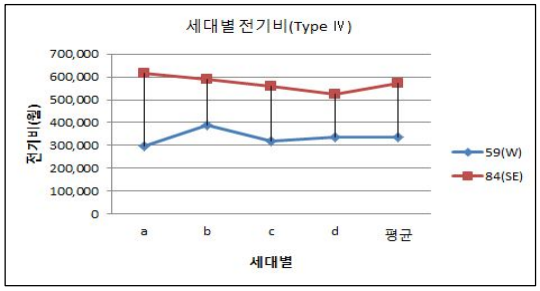


Fig. 13 Yearly electricity cost(Type Ⅳ)

(5) Type Ⅴ, Type Ⅵ

Type Ⅴ는 판상 'ㅁ자형'으로 방위각 -40도로서 84m^2 2세대, 114m^2 2세대로 구성되어 있다. Type Ⅵ는 판상 'ㄴ자형'으로 Type Ⅴ의 세대배치에서 북측에 위치한 84m^2 1세대를 없앤 형태로 되어있다. 분석결과, 가스비는 Type Ⅴ의 경우, 북측에 위치한 84m^2 1세대가 단위면적당 11,700[원/yr]으로 전체 평균인 8,300[원/yr]을 크게 상회하는 것으로

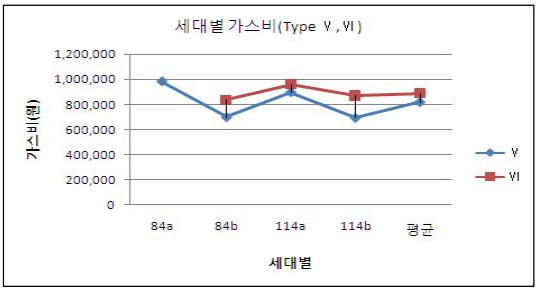


Fig. 14 Yearly gas cost(Type Ⅴ,Ⅵ)

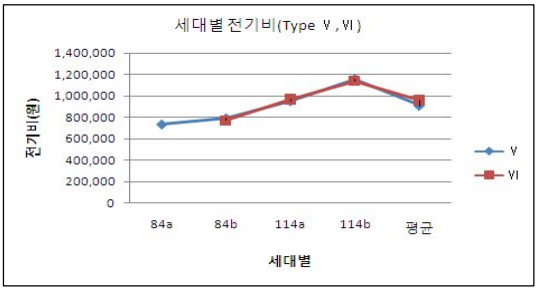


Fig. 15 Yearly electricity cost(Type Ⅴ,Ⅵ)

나타났다. Type Ⅵ에서는 3개세대의 값이 전체적으로 약간 증가하여 전체 평균은 단위면적당 8,500[원/yr]을 나타냈다. 전기비는 Type Ⅴ가 평균 910,000[원/yr] Type Ⅵ가 평균 950,000[원/yr]을 나타냈다.

(6) Type Ⅶ

Type Ⅶ는 탑상 'Y자형'으로 방위각이 각각 -20°(Type Ⅶ-1), -7도(Type Ⅶ-2)로서 101m^2 2세대, 114m^2 2세대로 구성되어 있다. 가스비는 Type Ⅶ-1이 평균 813,000[원/yr], Type Ⅶ-2가 795,000[원/yr]을 나타냈고, 전

기비는 Type Ⅶ-1이 평균1,250,000[원/yr], Type Ⅶ-2가 1,210,000[원/yr]을 나타내 가스, 전기비 모두 약간 Type Ⅶ-2가 유리하게 나타났다.

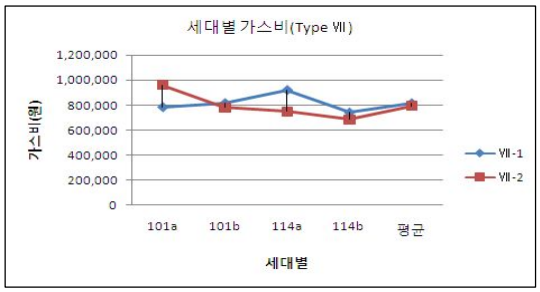


Fig. 16 Yearly gas cost(Type Ⅶ)

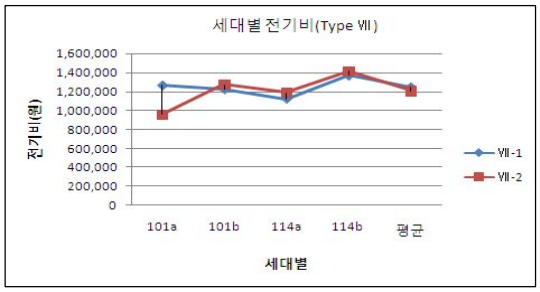


Fig. 17 Yearly electricity cost(Type Ⅶ)

이상의 세대별 가스,난방비를 각 주동 Type별 단위면적당 비용으로 환산하여 비교, 검토하였다.

Table. 9 Gas cost/ Electricity cost per unit area(unit : won)

		gas	electricity		gas	electricity
A	Ⅰ-1	8,081	13,098	Ⅰ-6	9,346	13,783
	Ⅰ-2	7,783	13,389	Ⅰ-7	7,006	11,282
	Ⅰ-3	8,989	14,196	Ⅰ-8	7,794	12,487
	Ⅰ-4	6,803	14,645	Ⅱ	9,658	12,425
	Ⅰ-5	7,139	12,555			
B	Ⅲ(w)	11,352	5,849	Ⅴ	8,256	9,174
	Ⅲ(s)	9,094	6,497	Ⅵ	8,549	9,212
	Ⅳ(w)	11,801	5,696	Ⅶ-1	7,566	11,586
	Ⅳ(s)	9,224	6,807	Ⅶ-2	7,394	11,228

A단지의 경우, 가스비는 탑상 'ㄴ자형'이 전체 Type 중 가장 높은 값을, 판상 '一 자형'의 남서향(방위각 49°)이 가장 낮은 값을 나타냈다. 판상 '一 자형'에서는 남동향(방위각 -77°)에서 가장 높은 값을 나타냈다. 냉방비는 난방비와는 대조적으로 판상 '一 자형'의 남서향(방위각 49°)이 가장 높은 값을, 판상 '一 자형'의 남동향(방위각 -31°)이 가장 낮게 나타났다. 총 에너지 비용에 있어서는 판상 '一 자형'의 남동향(방위각 -31°)이 가장 우수한 것으로 나타났다.

B단지의 경우, 가스비는 남동향(방위각 -7°)의 탑상 'Y자형'에서 가장 작은 값을 나타냈으며 서향(방위각 83°)의 판상 'ㄴ자형'에서 가장 높은 값을 나타냈다. 판상 'T자형'과 'ㄴ자형'의 남동향(-7°)은 측벽이 표면적이 큰 구조를 띈 관계로 측벽세대의 가스비가 인접 세대에 비해 매우 크게 나타난 점, 형상적으로 '一 자형'에 비해 일조의 차폐가 발생하는 점 등으로 인하여 평균적인 난방비가 증가한 것으로 사료된다. 전기비는 서향(방위각 83°)의 판상 'ㄴ자형'에서 가장 적은 값을, 남동향(방위각 -20°)의 탑상 'Y자형'에서 가장 크게 나타났다.

자연환기의 영향은 외기온도 20~24℃에서 창을 개방하여 자연환기를 적용한 B단지에서 창을 닫은 상태의 A단지에 비하여 전기비가 크게 감소한 결과로 나타났다. 다만, 맞통풍이 가능한 판상형의 경우에 그 효과가 매우 크며 탑상형에서는 상대적으로 효과가 적게 나타났다.

5. 결 론

최근에 지어진 2개 공동주택 단지(2568세대)를 대상으로 주동형식과 방위각, 각 세대의 조합형식 등에 따라 대표유형을 분류하였다. 15개 Type, 64세대에 대하여 통합 에너지 시뮬레이션 프로그램인 VE를 이용하여 에너

지 시뮬레이션을 실시하였고 전기비와 가스비로 환산하여 각 변수의 영향을 비교, 검토하였다. 주요결과는 다음과 같다.

(1) 판상 '一자형'을 구성세대 전용면적(84m^2, 101m^2, 114m^2) 과 방위각(-77°, -60°, -45°, -41°, -36°, -33°, -31°, 49°) 에 따라 검토한 결과, 단위면적당 가스비는 84m^2, 49°에서 가장 작게 나타났고, 101m^2, -77°에서 가장 큰 값을 나타냈다. 전기비는 난방비와는 반대로 84m^2, 49°에서 가장 크며 114m^2, -31°에서 가장 작게 나타났다. 총 에너지비용 측면에서는 114m^2, -31°이 가장 우수한 것으로 나타났다.

(2) 방위각 -45°의 84m^2, 3세대 조합형인 탑상 'ㄴ자형'은 판상 '一자형'의 여러 Type에 비하여 단위면적당 가스비가 가장 높은 것으로 나타났다. 전기비는 114m^2, -41°와 비슷한 값을 나타냈다.

(3) 방위각이 -7°, 83°인 판상 'T자형','ㄴ자형'(구성세대 전용면적(59m^2, 84m^2))을 검토한 결과 단위면적당 가스비는 83°가 28~34% 높게 나타났으며 단위면적당 전기비는 오히려 -7°가 11~19% 높게 나타났으며, 총 비용은 -7°가 낮게 나타났다.

(4) 84m^2 2세대, 114m^2 2세대로 구성된 탑상 'ㅁ자형'(방위각 -40도)은 북측 1세대의 가스비가 단위면적당 11,700[원/yr]으로 전체 평균인 8,300[원/yr]을 크게 상회하는 것으로 나타났다. 이 북측 1세대를 없앤 탑상 'ㄴ자형'은 가스비와 전기비 모두 오히려 약간 높은 값을 나타냈다.

(5) 101m^2 2세대, 114m^2 2세대로 구성된 탑상 'Y자형'은 B단지의 주동 Type 중 단위면적당 가스비는 가장 작았지만 단위면적당 전기비가 가장 큰 값을 나타내 결과적으로 총 에너지 비용이 가장 높게 나타났다. 여름철 냉방부하 저감에 특히 유의해야 할 유형으로 사료된다.

(6) 자연환기의 영향은 외기온도 20~24℃에서 창을 개방하여 자연환기를 적용한 B단지에서 창을 닫은 상태의 A단지에 비하여 전기비가 크게 감소한 결과로 나타났다. 다만, 맞통풍이 가능한 판상형의 경우에 그 효과가 매우 크며 탑상형에서는 상대적으로 효과가 적게 나타났다.

참 고 문 헌

1. 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
2. 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
3. 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
4. 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
5. 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
6. Lee, M. J., et al, A study about reduction rates of building energy demand for a detached house according to building

energy efficient methods, Journal of the architectural institute of Korea planning and design vol.28 no.5, 20012.5
7. Song, S. Y., et al, Cost efficiency analysis of design elements for a zero energy apartment building, Journal of the architectural institute of Korea planning and design vol.28 no.8, 20012.8