

## 지역냉방 공동주택 적정 냉방부하 산정

김 상 훈<sup>†</sup>, 변 운 섭<sup>\*</sup>  
우원엠앤디 부설연구소, <sup>\*</sup>우원엠앤디

### The Estimation of Cooling Load for District Cooling in Apartment Buildings

Sang-Hun Kim<sup>†</sup>, Woon-Seob Byun<sup>\*</sup>

**ABSTRACT:** The purpose of this study is to establish a standard for unit cooling load in central control type apartment applied district cooling.

The model of unit household was selected. And the standard of coefficient of overall heat transmission, location of unit household, indoor air temperature, solar radiation & thermal conduction at window and interior load was selected, and region, expansion or non-expansion of balcony, pyeong type, azimuth, rate of window area was applied as parameter. And then cooling load simulation was performed.

Based on the result of simulation, the synthetic district cooling load was presented for selecting heat source of apartment applied district cooling, and unit cooling load was analyzed according to design parameter.

**Key words:** District Cooling(지역냉방), Cooling load(냉방부하), Energy Simulation(Energy Simulation), Apartment(공동주택), DOE

#### 1. 서 론

우리나라는 에너지의 대부분을 수입에 의존해야 하는 화석연료를 사용하고 있기 때문에 효율적이고 체계적인 에너지 관리가 필요하고, 지구온난화 방지를 위하여 지구환경에 악영향을 미치는 환경부하를 저감시켜야 한다. 이러한 시대적 요구에 한차원 가깝게 접근할 수 있는 방식이 하절기에 폐열 및 배열을 이용하여 냉방할 수 있는 중온수를 이용한 지역냉방시스템이다.

특히, 공동주택의 냉방수요는 저녁 및 밤시간대에 주로 발생하기 때문에 낮시간대에 냉방수요가 발생하는 상업용 건축물과 동일한 열원을 사용하면 동시부하율을 낮출 수 있어 시너지효과도 기대할 수 있다.

그러나, 기계실에 냉방열원을 설치하고 각 단위세대의 공기조화기나 팬코일유닛에 냉수를 공급하는 공동주택 중앙식 냉방설비에 대한 용량 산정 기준정립이 미흡하여 적절한 용량의 냉동기를 결정하는 것이 어려운 현실이다.

따라서, 본 연구에서는 지역냉방을 이용하는 중앙식 공동주택의 냉동기 용량을 산정하기 위하여 단위세대 모델 선정, 냉방부하 시뮬레이션 수행 등의 프로세스를 통하여 종합적인 지역냉방부하를 제시하고, 설계 변수에 따른 냉방부하 분석을 목적으로 하였다.

#### 2. 지역냉방 시스템 및 해석대상 건축물

##### 2.1 지역냉방 시스템 개요

지역냉방은 오염방지설비가 갖추어진 대규모 냉방열원에서 생산된 냉수를 별도 냉수배관을 통하여 일괄적으로 공급하거나, 각 건물에 중온수

<sup>†</sup> Corresponding author  
Tel.: +82-2-860-9745; fax: +82-2-860-9777  
E-mail address: ksh@snut.ac.kr

흡수식냉동기를 설치하고, 지역난방 열원시설로부터 중온수를 공급받아 냉방하는 시스템으로 열공급 방식에 따라 “냉수 직접공급방식”과 “중온수 공급방식”으로 분류할 수 있다.

두가지 방식 모두 대규모의 집중화된 열생산시설로부터 에너지를 공급받기 때문에 에너지 및 대기오염물질의 체계적인 관리가 가능하다는 장점이 있다.

## 2.2 해석대상 건축물 및 냉방범위

지역냉방부하 산출을 위하여 전용면적을 기준으로 59㎡, 101㎡, 166㎡ 3가지 단위세대 모델을 시물레이션 대상으로 선정하였다. Fig. 1에 전용면적 101㎡ 단위세대의 개요를 나타냈다. 각 단위세대 모델은 최근 계획되고 있는 공동주택의 세대내 실 배치특성을 반영하였고, 외기와 접하는 조건을 동일하게 하기 위하여 단위세대 정면과 배면에 발코니가 있으며, 정면의 거실을 중심으로 침실이 배치되는 계단식 공동주택의 단위세대 평면을 선정 기준으로 하였다.

쾌적한 삶을 추구하는 거주자의 성향이 반영된 단위면적당 냉방부하를 산출하기 위하여 Fig. 2와 같이 해석대상 냉방범위를 창고 및 욕실 등 비거주 공간을 제외한 모든 실을 냉방하는 경우를 기준으로 부하 분석을 실시하였다.

발코니의 확장범위는 비상시 피난을 위한 대피공간과 다용도실로 사용되는 주방 뒤 발코니를 제외한 단위세대의 모든 발코니를 확장하는 것으로 반영하였다.

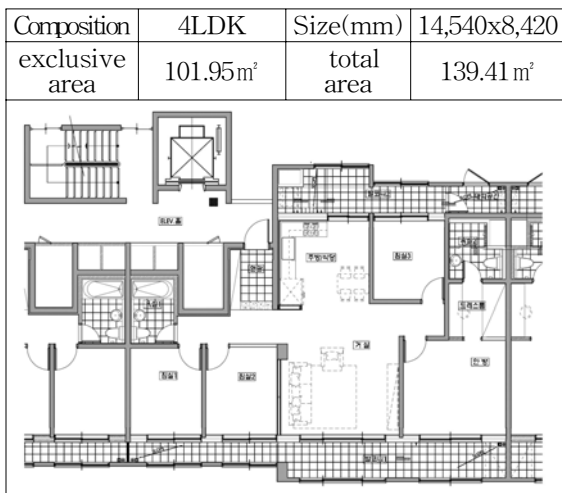


Fig. 1 Summary of the 101㎡ Housing unit



Fig. 2 Cooling area of the 101㎡ Housing unit(balcony non-expansion)

## 3. 냉방부하 시물레이션

### 3.1 시물레이션 조건

지역냉방부하 산출을 위한 구조체의 열관류율은 법적 기준과 공동주택의 구조체 단열상세를 참고하여 반영하였고, 단위세대 위치는 기준층 중간세대로 하였으며, 실내온도는 에너지절약 설계기준과 쾌적한 삶을 추구하는 경향을 고려하여 26℃를 적용하였다.

창 일사 및 전도열 취득을 고려하기 위한 창종류는 건축물의 에너지 절약설계기준 [별표 3]-플라스틱-유리의 공기층 12mm-유리문-복층창문-유리비율 50%이상의 기준에 의거하여 2.80W/㎡·K(2.41kcal/㎡·h·℃)를 적용하였으며, 차폐계수는 공기층이 12mm인 투명복층유리에 차폐물이 없을 때의 차폐계수인 0.83을 반영하였다.

내부부하인 조명, 기기 및 인체부하는 Table 1과 같이 반영하였으며, 조명의 점등스케줄, 기기의 가동 스케줄 및 거주자의 재실 스케줄은 시물레이션 프로그램의 기본데이터를 국내 실정에 적합하도록 수정하여 적용하였다.

Table 1 Internal load condition

Internal load	Living room	Bed room
Lighting(W/㎡)	13	10
Equipment(W/㎡)	15	10
People(people/unit)	bedroom Q'ty considering	
People(W/person)	65(Sensible) /54(latent)	65(Sensible) /54(latent)

### 3.2 냉방부하 설계변수

냉방부하는 변수가 많으므로 결과에 미치는 영향이 큰 요소를 변수로 선정해야한다.

따라서, 지역, 발코니 확장여부, 평형, 방위, 창면적비를 아래의 기준에 의하여 변수로 가정한 후, 각 변수가 결과에 미치는 영향을 분석하였다.

#### 1) 지역

본 연구에서는 대한설비공학회가 제공하는 표준 기상데이터와 해당지역의 기상데이터를 가공하여 시뮬레이션에 활용하였다.

시뮬레이션 대상지역은 냉방부하에 영향이 큰 일사량이 위도에 따라 변화됨을 고려하여 중부지방인 서울, 남부지방인 부산지역으로 변수를 선정하였다.

#### 2) 발코니 확장여부

발코니 확장여부는 기존 연구에서 나타났듯이 냉방부하에 영향을 미치는 요소 중 하나이다. 이것은 발코니가 차양역할을 하기 때문에 실내로 직접적인 일사 열취득이 적으며, 발코니가 비공조공간이므로 전도열 취득의 버퍼존 역할을 하게 된다. 그러나, 발코니를 확장하면 공조공간인 실내로 직접적인 일사가 들어오며, 확장된 공간을 냉방해야하기 때문에 냉방부하가 상대적으로 크게 발생한다.

따라서, 발코니 확장과 미확장 두가지를 변수를 선정하여 냉방부하를 분석하였다.

발코니 확장범위는 설계자의 의도 등에 따라 다르게 계획된다. 본 연구에서는 단위면적당 최대 냉방부하를 산출하는 것이 목적이므로 전면과 후면 모든 발코니를 확장하되, 세탁기가 설치되는 주방/식당 발코니와 피난공간으로 사용될 후면 발코니는 확장하지 않는 것으로 가정하였으며 발코니 확장 전 모델에서는 상부층 발코니를 Over-hang으로 인접세대와의 발코니 경계벽을 Side-pin으로 적용하여 모델링하였다.

#### 3) 평형

평형에 따른 냉방부하의 변화를 분석하기 위하여 전용면적을 기준으로 59m<sup>2</sup>, 101m<sup>2</sup>, 166m<sup>2</sup>의 3가지 변수를 고려하였다.

#### 4) 방위

냉방부하에 영향을 크게 미치는 일사부하는 방위에 따라 크게 변화한다. 따라서, 판상형 공동주택의 단위세대 평면특성상 거실 발코니가 위치하는 방향을 전면으로 하여 방위를 부여하였다.

그리고, 우리나라의 주거문화 특성상 기존 공동주택에는 남향 위주로 단위 동을 계획하고 있으나 단지배치상 이것이 불가능 할 경우도 있으므로 남향(S), 남서향(SW), 서향(W), 북향(N), 동향(E), 남동향(SE)의 6방위를 변수로 시뮬레이션을 실시하였다.

#### 5) 창면적비

냉방부하와 상관성이 큰 일사부하의 영향을 고려하기 위하여 창면적비를 변수로 설정하였다.

배면에 위치한 창의 면적은 변경하지 않았으며, 전면 외벽면적에 대한 전면 창면적의 비율을 60%와 80% 두가지로 변경하여 냉방부하를 산출하였다.

### 3.3 세대/ 열원장비 선정을 위한 냉방부하 기준

단위세대에 개별식 냉방기를 설치하여 냉방하는 경우에는 각 실에서 낮 시간대에 냉방을 사용하기 때문에 실내기는 낮시간대의 최대부하를 기준으로 설정하여야하며, 실외기는 단위세대의 존 피크로드(Zone peak load)를 기준으로 용량이 산출되어야 한다.

그러나, 지역냉방과 같은 중앙식 시스템의 경우에는 사용자측 냉방기기 용량을 선정하기 위한 냉방부하는 개별식 냉방기와 마찬가지로 낮 시간대의 최대부하를 기준으로 선정되나, 열원장비 선정을 위한 냉방부하는 Fig. 3과 같이 열원과 연결된 각 단위세대의 사용율이 높아 전체 냉방에너지 소비량이 많은 저녁시간대에 발생하는 최대부하에 기준해야한다.

따라서, 본 연구에서는 각 단위세대에 설치되는 사용자측 냉방기기의 용량선정 기준이 되는 냉방기간인 6~9월 사이에 발생하는 최대냉방부하를 “냉방기간 중 최대 냉방부하”로, 열원용량 선정의 기준이 되는 7~8월 저녁시간대인 19~22시 사이에 발생 최대 냉방부하를 “냉방 집중사용시간대 중 최대 냉방부하”로 정의하여 연구를 진행하였다.

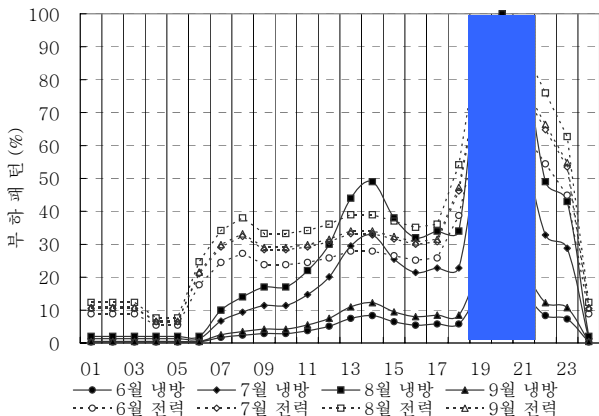


Fig 3. Patterns of cooling and electric power by month and hour(Apartment)

### 3.4 지역냉방부하 도출

해석모델 선정, 냉방부하 기준조건 및 반영사항 결정, 해석 모델별 냉방부하 산출 및 분석, 변수에 따른 냉방부하 비교분석 등을 통하여 동시사용율 100%를 적용했을 경우의 단위면적당 지역냉방부하를 산출하여 Table 2, Table 3과 같이 변수에 따른 종합적인 지역냉방부하 매트릭스를 제시하였다.

단, 여기에서 제시된 전용면적은 냉방면적이 아닌 발코니 확장 전의 단위세대 전용면적이다.

공동주택은 각각의 단위세대가 다양한 패턴으로 냉방을 사용하므로 이를 고려하여 냉동기 용량이 결정되어야 한다. 즉, 냉동기에서 냉수를 공급받는 모든 세대가 최대용량으로 냉방을 동시에 실시할 확률은 극히 낮으므로 적절한 동시사용율이 적용되어야 열원설비의 과잉투자를 방지할 수 있다.

그러나, 외기도입 부하의 반영여부에 따라 냉방부하가 달라지며, 대상 공동주택의 단지규모에 따라 동시사용율이 달라지므로 중앙식 냉방시스템의 시범적용 및 실측을 통하여 동시사용율을 표준화하는 것이 필요하다.

## 4. 변수에 따른 냉방부하 분석

### 4.1 지역에 따른 냉방부하 분석

Fig. 4, Fig. 5와 같이 지역에 따른 냉방기간 중 최대 냉방부하와 냉방 집중사용시간대 중 최대 냉방부하 모두 부산지역이 서울지역보다 높게 나타났다. 이는 지역에 따른 기상조건의 차이에 기인한 것으로 판단된다.

Table 2. District cooling load per unit area in Seoul Rate of simultaneous use 100% [unit : kcal/h · m<sup>2</sup>]

Sec.	Area	Under 101m <sup>2</sup>		Over 101m <sup>2</sup> Under 166m <sup>2</sup>		Over 166m <sup>2</sup>	
		Balcony	Expansion	Non - Exp.	Expansion	Non - Exp.	Expansion
Direction	S	67.00	69.71	64.11	64.58	57.98	59.22
	S.W	86.80	87.65	82.72	81.21	72.23	71.98
	W	108.95	115.61	103.36	105.25	87.30	89.42
	N	64.98	69.15	62.16	64.20	56.79	59.08
	E	74.00	81.40	69.32	72.64	63.34	66.63
	N.E	70.87	75.19	67.47	68.55	61.19	64.01

Table 3. District cooling load per unit area in Busan Rate of simultaneous use 100% [unit : kcal/h · m<sup>2</sup>]

Sec.	Area	Under 101m <sup>2</sup>		Over 101m <sup>2</sup> Under 166m <sup>2</sup>		Over 166m <sup>2</sup>	
		Balcony	Expansion	Non - Exp.	Expansion	Non - Exp.	Expansion
Direction	S	72.82	74.96	69.99	70.27	64.38	64.99
	S.W	87.23	83.61	83.11	78.43	72.69	70.47
	W	102.37	109.51	97.04	99.49	82.51	84.72
	N	70.79	74.27	67.97	69.60	63.05	64.59
	E	76.52	81.26	72.77	74.82	67.46	69.35
	N.E	75.21	78.50	71.93	72.90	66.46	67.66

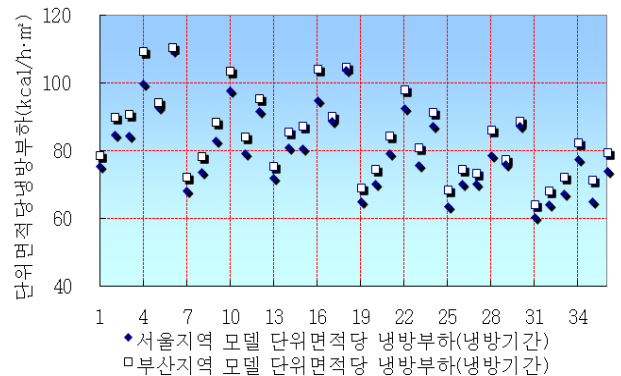


Fig. 4 Maximum cooling load in cooling period (Region)

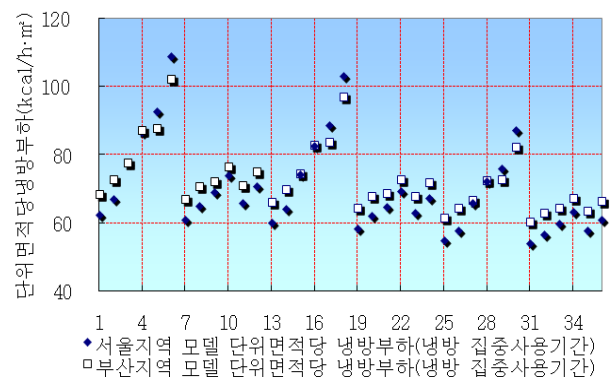


Fig. 5 Maximum cooling load in concentrated cooling period zone (Region)

#### 4.2 발코니 확장여부에 따른 냉방부하 분석

발코니 확장여부에 따른 냉방기간 중 최대냉방부하는 Fig. 6과 같이 발코니 확장, 미확장 중 어느 한쪽이 크거나 작지 않고 혼재되어 있으나, 냉방 집중사용시간대 중 최대 냉방부하는 Fig. 7과 같이 전반적으로 발코니 미확장모델의 단위면적당 냉방부하가 발코니 확장모델의 단위면적당 냉방부하보다 크게 나타났다.

이것은 냉방기간 중 최대 냉방부하의 경우, 일사부하의 영향이 크기 때문에 발코니 확장모델과 발코니 미확장 모델의 단위면적당 냉방부하가 비슷했지만, 냉방 집중사용시간대 중 최대 냉방부하에서는 상대적으로 일사부하의 영향이 적기 때문에 발코니 확장모델의 단위면적당 냉방부하가 오히려 작게 나타난 것으로 판단된다.

#### 4.3 평형에 따른 냉방부하 분석

평형에 따른 냉방기간 중 최대 냉방부하는 Fig. 8과 같이 평형이 증가될수록 단위면적당 냉방부하는 감소하였으며, 냉방 집중사용시간대 중 최대냉방부하도 Fig. 9와 같이 평형이 증가될수록 단위면적당 냉방부하는 감소하였다. 이것은 넓은 평형일수록 상대적으로 부하가 작은 내부 면적이 증가하기 때문으로 사료된다.

#### 4.4 방위에 따른 냉방부하 분석

Fig. 10과 같이 방위에 따른 냉방기간 중 최대 냉방부하는 서향의 단위면적당 냉방부하가 가장 크며, 발코니 미확장 모델의 경우 전반적으로 동향→남서향→남동향→남향→북향 순으로 단위면적당 냉방부하가 나타났고, 발코니 확장 모델의 경우 남서향→동향→남동향→남향→북향 순서로 단위면적당 냉방부하가 작았다.

발코니 미확장 모델과 발코니 확장 모델의 방위별 감소율 순서가 다른 것은 발코니 미확장 모델에서 고려된 Over-hang과 Side-pin의 영향으로 방위별 일사각에 따른 일사부하가 변화되었기 때문으로 판단된다.

그리고, 방위에 따른 냉방 집중사용시간대 중 최대 냉방부하는 Fig. 11처럼 서향의 단위면적당 냉방부하가 가장 크며, 남서향→동향→남동향→남향→북향 순서로 단위면적당 냉방부하가 작게 나타났다.

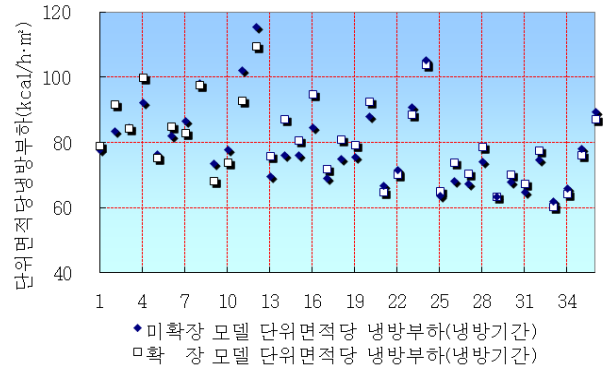


Fig. 6 Maximum cooling load in cooling period (Expansion of balcony)

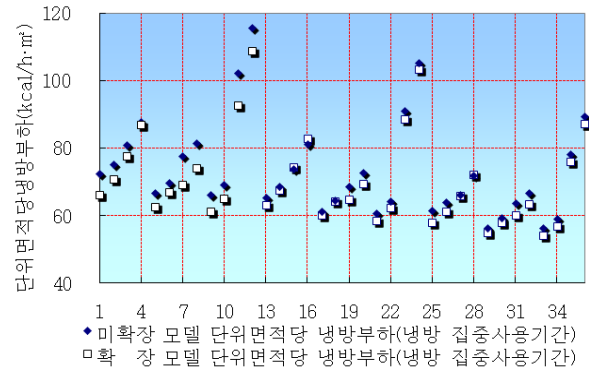


Fig. 7 Maximum cooling load in concentrated cooling period zone (Expansion of balcony)

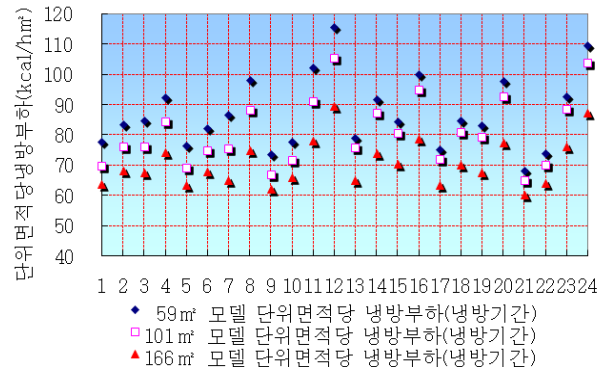


Fig. 8 Maximum cooling load in cooling period (pyeong type)

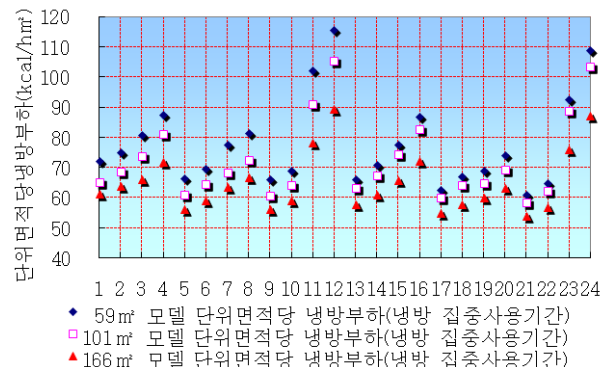


Fig. 9 Maximum cooling load in concentrated cooling period zone (pyeong type)

발코니 확장 모델의 경우, 냉방기간 중 최대 냉방부하와 냉방 집중사용시간대 중 최대 냉방부하의 방위별 순위가 동일했으나, 발코니 미확장 모델의 경우 두가지의 순위가 상이했는데 이것은 발코니 미확장 모델의 경우, 저녁시간대에는 일사부하의 영향이 적기 때문에 발코니 미확장 모델에서 고려된 Over-hang과 Side-pin의 영향이 적었기 때문으로 사료된다.

#### 4.5 창면적비에 따른 냉방부하 분석

냉방기간 중 최대 냉방부하와 냉방 집중사용시간대 중 최대 냉방부하는 Fig. 12, Fig. 13에 나타낸바와 같이 창면적비에 따라 증가한다. 이것은 일사의 영향으로 실내로 취득되고 축열되는 열부하가 크기 때문이다.

### 5. 결론

본 연구에서는 지역냉방을 이용하는 중앙식 공동주택의 단위냉방부하 설정을 위한 기준정립을 목표로 하였다.

이를 위하여 단위세대 모델을 선정하여 열관류율, 단위세대 위치, 실내온도, 창의 일사 및 열전도, 내부부하에 대해서는 기준은 선정하고 지역, 발코니 확장여부, 평형, 방위, 창면적비는 변수로 설정하여 각 조건별 냉방부하 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션 결과를 근거로 지역냉방을 이용하여 단위세대를 냉방하는 공동주택의 적정 냉방부하를 제시하였으며, 변수에 따른 단위냉방부하를 분석하였다.

그리고, 가정된 5가지 변수 중 창면적비가 냉방부하에 미치는 영향이 가장 작아 지역냉방부하의 변수에서 배제하고, 지역, 발코니 확장여부, 평형, 방위에 따른 지역냉방부하를 제시하였다.

열원용량 선정의 기준이 되는 냉방 집중사용시간대 중 최대 냉방부하 분석결과, 지역에 따른 냉방부하는 지역에 따른 기상조건의 차이로 부산 지역이 높게 산출되었고, 발코니 확장에 따른 냉방부하는 일사부하의 영향이 적어 발코니 확장모델이 적게 나타났으며, 평형에 따른 냉방부하는 상대적으로 냉방부하가 작은 내주부 면적이 큰 넓은 평형일수록 적게 나타났다.

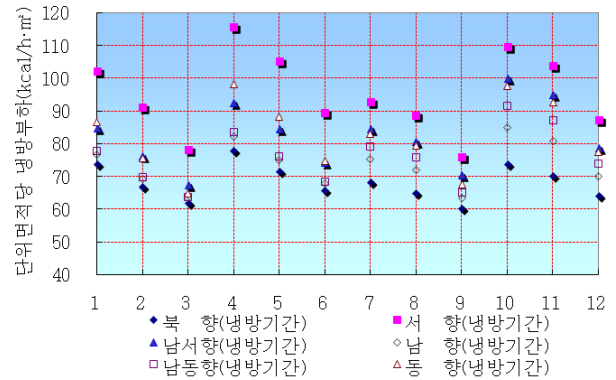


Fig. 10 Maximum cooling load in cooling period (direction)

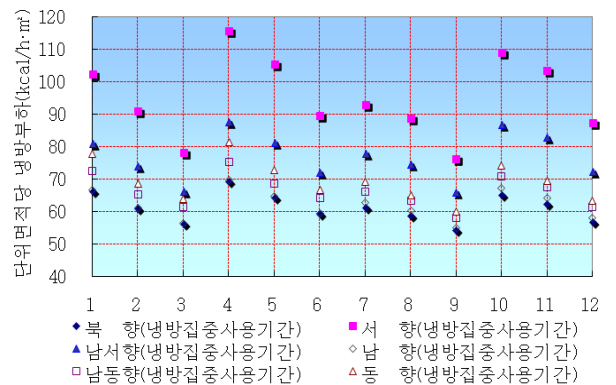


Fig. 11 Maximum cooling load in concentrated cooling period zone (direction)

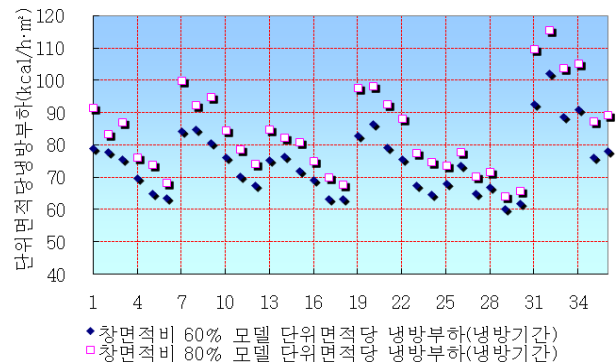


Fig. 12 Maximum cooling load in cooling (rate of window area)

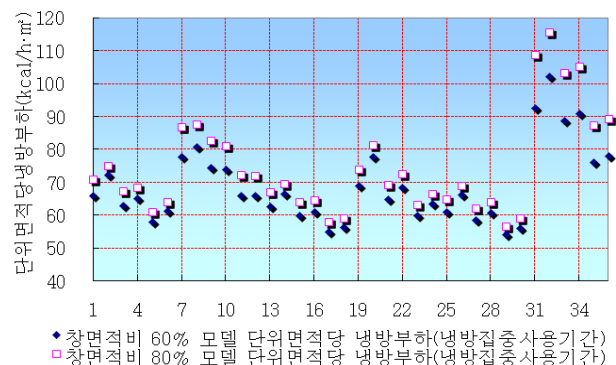


Fig. 13 Maximum cooling load in concentrated cooling period zone (rate of window area)



또한, 방위에 따른 냉방부하는 서향, 남서향, 동향, 남동향, 남향, 북향 순으로 분석되었으며, 창면적비에 따른 냉방부하는 창면적이 증대될수록 일사취득량이 많기 때문에 냉방부하가 높게 분석되었다.

그리고, 냉수를 공급받는 모든 세대가 최대용량으로 동시에 냉방을 실시할 확률은 극히 낮으므로 적절한 동시사용율이 지역냉방의 시범적용 및 실증을 통하여 표준화되어 반영되어야 한다.

### 참고문헌

1. Lee, K. N., Lim, J. H, Yeo, M. S and Kim, K. W., 2003, A Study on the Cooling Load Estimation for the Housing Unit of Apartment Building, Proceeding of the AIK 2003, pp. 873-876.
2. Seo, J. M., Choi, Y. J, Song, D. S, Jang, H. J and Kim, S. J., 2007, Effect of he Balcony Space on Thermal Environment and Heation/Cooling Load in an Apartment House, Journal of SAREK, Vol. 19, No. 5, pp. 364-371.
3. Yoo, H. S., Hyun, S. K, and Hong, H. K., 2002, Effects of Various Factors on the Energy Consumption of Korean-Style APARTMENT houses, Journal of SAREK, Vol. 14, No. 11, pp. 972-980.
4. Yu, H. K. and Oh, B. G., 2007, Study on The Performance Improvement of Air-Conditioning Plant Room, Proceeding of KIEAE, Vol. 7, No. 1, pp. 319-324.
5. Yoon, J. H., An, Y. S, Kim, b. s and Hwang, S. K., 2007, A Study on the Energy Performance Evaluation of Windows System with the Balcony Types of Apartments Journal of KSES, Vol. 27, No. 1, pp. 83-90.
6. Cho, Y. H., Seok, H. T, Yeo, M. S and Kim, K. W., 2004, A Study on the Operation Strategy of Radiant Floor Cooling in Apartment Buildings, Journal of SAREK, Vol. 16, No. 6, pp. 574-583.
7. ASHRAE, ASHRAE Handbook Fundamentals, 2005