

에너지 절약형 건물에너지 해석을 위한 설계 요건

건물에너지 절감을 위한 기계·전기·설비 및 건축분야의 최적 설계 요건을 미국의 ASHRAE 90.1 및 캐나다의 C-2000 요건에 근거하여 한국형 설계요건 K-2000을 제시한다.

이 의 준

한국에너지기술연구원 (ejlee@kier.re.kr)

건물에서 주거 영역의 쾌적한 열환경 조절을 위해 설치되는 기계설비 설치에 소요되는 비용은 총 건축 공사비의 약 30%를 차지하며, 또한 건설 후 유지, 관리, 운영에도 막대한 비용이 소요된다. 따라서 설계초기에 이러한 기계설비의 용량의 감소와 추후 운영비의 절감을 위한 사전 고려가 필요하다. 기계 전기 설비의 부하 저감을 위해서는 일차적으로 건축 시스템 부하의 저감이 필요하며, 기후 등 주변 자연 환경을 고려하여 적절한 자연채광과 일사를 최대한 이용할 수 있는 적절한 건물 모양과 향의 설정 및 에너지 효율적 건물외피의 이용, 고효율의 전기기기와 조명기기의 사용, 자연형 건축 설비시스템의 적용 등이 설계 초기 단계에 고려되어야 할 좋은 예가 될 수 있다.

하지만 국내의 경우 기존의 설계 과정에는 이러한 고려를 위한 건물의 건축 기계 전기분야별 통합적 기준이 법제화 또는 성문화 되어 제시되어있지 않고 단지 최저 기준 즉 국내 기후대별 단열재 두께나 관행에 따른 설비적용이 일반적인 사항으로, 건물에서의 에너지 절약을 위한 적극적인 노력이 미흡한 실정이다. 따라서 본 고에서는 국제적인 건물 에너지 성능평가 규약인 IPMVP (international performance measurement & verification protocol) option D 방법에서 추천하는 건물에너지 시뮬레이션 방안과 미국의 에너지 절약 건축물 설계기준인 ASHRAE 90.1 및 캐나다의 C-2000 설계기준에 근거하여 국내조건에 적합한 건물에너지 절감안으로 기계, 전기, 설비 및 건축분야의 적정 설계기준을 제시하여 초기 건축물 설계 과정에서 반영 할 수 있도록 하고자 한다.

선진국 건물 에너지 절약을 위한 설계 요건

세계 각 국은 건물의 에너지 절약과 이에 따른 온실

가스 감소를 위한 건물 설계 요건들을 가지고 있다. 다음은 각 국의 에너지 해석을 위한 설계 요건들이다.

(1) 미국-ASHRAE 90.1

미국 냉난방공학회(ASHRAE)에서는 건물의 효율을 위한 기준을 개발하여왔다. 이러한 기준에서 상업용 건물의 위한 ASHRAE 90.1을 발전시켰는데, 이 기준이 미국 전역의 에너지 코드가 되어 사용되고 있다. ASHRAE 90.1은 실내외의 조명, 벽체의 열성능(단열수준, 창문면적비)와 냉난방시스템과 급탕 시스템의 에너지 효율 조건을 제시하고 있으며, 추가적으로 에너지 절약기준에 만족함을 보여 줄 수 있는 에너지 시뮬레이션 방법을 제시하고 있다.

(2) 캐나다-MNECB(the model national energy code for buildings)

캐나다의 NRCC(National Research Council Canada)에서 1997년 9월에 제정된 코드이다. 이 코드는 캐나다에서 건설되는 상업용 건물의 최소한 에너지 성능에 대한 기준으로 이 기준에는 건물의 외피, 조명, 냉난방시스템, 급탕시스템, 전력시스템에 관련된 요소를 포함하고 있다.

(3) 한국-건축물의 에너지 절약 설계 기준

이 기준은 건축법 제59조 및 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제21조, 제22조의 규정에 의해 건축물의 효율적인 에너지 관리를 위한 에너지절약설계기준, 에너지절약계획서 작성기준 및 단열재의 두께기준을 정하고 있다.

그러나, 건물의 창면적비, 환기량, 침기량에 관한 설정, 실내기구나 조명기구에 대한 전기에너지 소비가 전체 건물에너지 소비에 미치는 영향에 대한 고려 등

건축, 전기, 기계에 관련된 종합적인 고려가 되지 않고 부분적인 조건만을 정하고 있어 국내 실정에 맞는 정밀 에너지 시뮬레이션을 실시하기 위한 방안으로는 미흡한 실정이다.

설계 조건 적용 방법

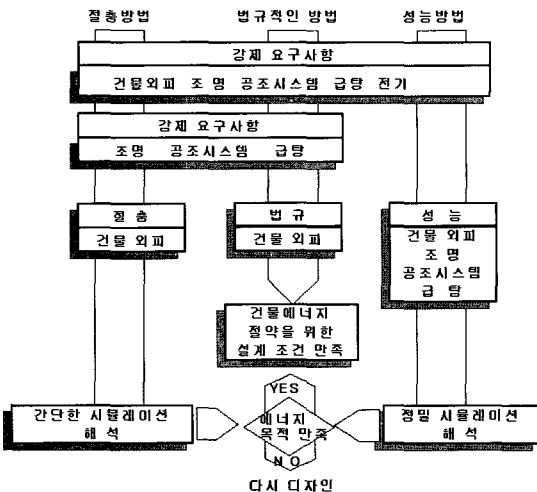
외국의 경우에는 설계자로 하여금 유연성있는 방법을 선택할 수 있도록 하고 있다. 이는 법률적인 조항과 더불어 다른 유연성이 있는 방법을 선택 할 수 있도록 하고 있다. 다음은 캐나다에서 적용하고 있는 설계 조건 적용 방법의 3가지 예이다 (그림 1).

(1) 법률적인 방법(prescriptive path)

필수적인 부분과 법률적인 요구사항을 만족하여 건물을 설계하는 방법이다. 가장 쉬운 방법이기는 하지만 가장 유연성이 없는 접근 방법이다.

(2) 성능적인 방법(performance path)

몇몇의 요구조건을 만족하지 못하는 건물에 적용할 수 있는 가장 높은 유연성을 보여주지만 이 방법으로 설계요건을 만족하기 위해서는 많은 시간과 노력을 필요로 한다. 복잡한 정밀시뮬레이션 프로그램을 이용한 분석 작업이 필요하다.



[그림 1] 설계조건 적용 방법

(3) 절충방법(Trade-off path)

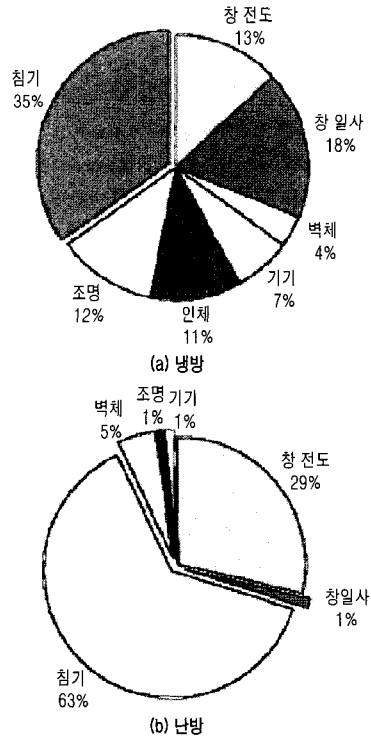
건물의 외피부분만 특화하여 고효율의 창호를 설치한 대신 벽체의 단열을 감소하는 등의 유연성과 사용의 편리함을 동시에 추구하는 경우에 적용된다.

건물에너지 해석을 위한 주요 입력 변수

앞서 언급된 성능적인 방법을 이용하여 에너지 절약 설계 기준을 만족시키기 위해서는 건물에너지 해석을 위한 설계 조건이 필요하다. 따라서 건물의 성능에 가장 기본적인 영향을 미치는 창기량, 창면적비, 벽체의 단열정도, 공조시스템, 팬동력부하, 환기량, 급탕량, 내부부하(내부기기부하, 조명부하, 재실자의 부하), 열관류율 등에 관련된 기본 설계 조건이 필요로 하게 된다.

(1) 창기량

건물의 에너지 냉난방부하의 요소에 가장 중요한 요소 중의 하나로 창기량을 언급을 할 수 있다. 그림 2와 같이 일반사무소 건물에 있어서 창기량이 냉난방



[그림 2] 사무소 건물에 있어서 최대 냉난방 부하 요소¹⁾

주 1) 석호태, "건물의 에너지 성능 향상을 위한 개보수 기법", 제15회 에너지 절약기술 워크샵, 2000.11, 에너지 기술연구원



부하에 많은 영향을 미치고 있다. 따라서 건물에서의 첨가량을 가능한 억제하는 것이 유리함을 알 수 있다.

(2) 창면적비

건물의 창면적비의 경우에는 냉난방, 조명부하에 복합적인 영향을 미치게 된다. 낮은 창면적비는 외기의 전도를 감소시켜 냉난방부하의 감소 시킬 수 있으나 겨울철에는 일사의 유입을 감소시켜 난방부하의 증가하는 요인이 되고, 여름철에는 냉방부하를 감소시키는 요인이 되기도 한다. 또한 자연광의 유입을 감소시켜 조명부하의 증가를 가져오는 요인이 되기도 한다. 따라서 적절한 창면적비의 설정이 건물의 에너지 절약을 위한 설계요건에 중요한 역할을 차지하게 된다.

(3) 건물단열

건물의 외피단열 정도는 에너지 절약을 위한 가장 기본적인 요소이다. 하지만 지역에 따라 다양한 단열이 적용이 되어야 하고 건물의 사용용도에 따라 외단열, 내단열의 특징이 다르게 작용을 하므로 제공되는 기준을 바탕으로 하여 시뮬레이션을 통하여 효과적인 단열방법의 선택이 필요하다.

(4) 공조시스템

공조시스템의 경우 CAV와 VAV를 비교하였을 때 VAV의 경우 팬동력에 의한 전기에너지 소비의 감소에 의하여 약 30%정도의 에너지 효율이 있는 것으로 나타나 있으나 운영상에 문제점을 내포하고 있다. 따라서 건물의 용도에 맞는 최적의 시스템의 선정이 중요하다.

(5) 환기량

환기량의 경우는 실내공기질의 향상을 위해 실내에 많은 외기를 유입하는 것이 효과적이거나 이는 곳 냉난방부하의 증가를 가져와 건물에너지 절약에 악영향을 미치게 된다. 따라서 용도별로 최적의 환기량 설정과 운영이 필요하다.

(6) 급탕량

급탕의 경우에는 사무소용 건물의 경우 연간 에너지 소비의 1% 정도의 에너지를 소비하고 있지만 주거용 건물의 경우에는 10%정도의 많은 에너지를 소모하게 된다. 따라서 주거용 건물의 경우에는 급탕에 대한 고려도 역시 필요하다.

(7) 내부기기부하

전기기기의 사용은 냉방부하에는 7%정도의 아주 작은 영향을 미치지만 모든 에너지를 전기로 사용하기 때문에 최종 에너지 사용에 있어서는 건물에너지 소비에 있어서 17%내외의 높은 비율을 차지하고 있다. 따라서 고효율 전기제품을 사용하는 것이 효과적이다. 또한 내부기기는 냉방부하의 증가에도 영향을 미치게 된다. 내부기기의 사용은 특히 실내 스케줄의 영향을 받게되므로 표준적인 스케줄이 필요하다.

(8) 조명부하

조명부하의 경우에는 냉방부하에 12% 정도의 영향을 미치지만 최종에너지 소비에 있어서는 가장 높은 에너지를 소비하는 요인이 된다. 따라서 고효율의 조명기기를 사용하거나 자연채광을 효과적으로 이용하여 조명부하를 효과적으로 줄일 경우 건물에너지 사용에 효과적으로 감소시킬 수 있다.

(9) 인체발열부하

인체 발열부하의 경우에는 약 11%를 정도를 차지하나 별도의 조절할 수 있는 요소가 아니다.

(10) 건물 운영 스케줄

건물의 에너지를 해석하기 위해서는 건물의 운영에 관련된 스케줄이 필요하다. 가장 좋은 방법은 실제적으로 스케줄을 확인하여 입력하는 것이 가장 좋은 방법이나 완공 전의 건물은 불가능하기 때문에 기존에 조사된 건물의 스케줄을 사용하는 것이 최선의 방법이 될 수 있다. 그림 3 은 ASHRAE 90.1에서 적용되는 비주거용 건물의 스케줄이다.

(11) 냉난방설정온도

냉난방설정온도는 공조기의 부하에 실질적인 영향을 미치게 된다. 따라서 겨울철에는 낮게, 여름철에는 높게 설정하는 것이 좋으나 실제로는 실내쾌적범위내에 온도를 설정하여 사용하게 된다. 그림 4는 ASHRAE 90.1에서 적용되는 냉난방설정온도이다.

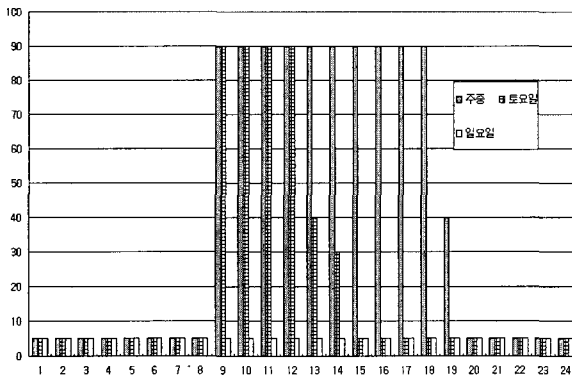
에너지 절약을 위한 통합설계 기술 및 설계 조건

C-2000 프로그램은 고성능 사무용 건물 구현을

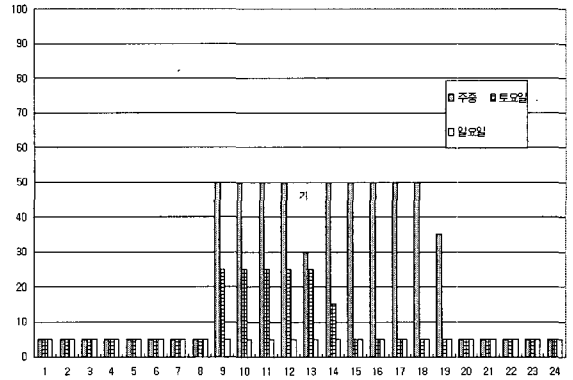
위한 프로그램으로, 캐나다의 자원 연구소인 국립 CANMET 에너지 기술센터(CETC)가 개발하고 후원하였다. 이 프로그램은 에너지 및 환경 측면에서 효율을 강조하고 있으며 건축, 기기, 전기 설비통합 기준요건들이 ASHRAE 90.1의 에너지 소비량의

50% 달성을 목적으로 개발되었다. 프로그램은 1993년에 착수되어 23개의 건물이 C-2000의 요건에 맞추어서 설계가 되었으며 현재 그중 10개는 설계 목적을 만족하여 성공적으로 완성되었다.

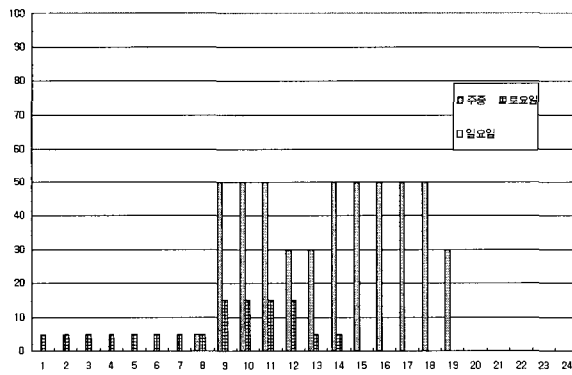
또한 건물 설계 단계에서 효과적으로 건물의 성능을



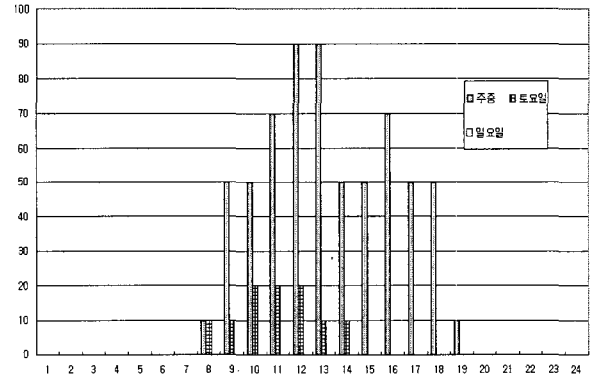
(a) 조명 스케줄



(b) 기기 스케줄

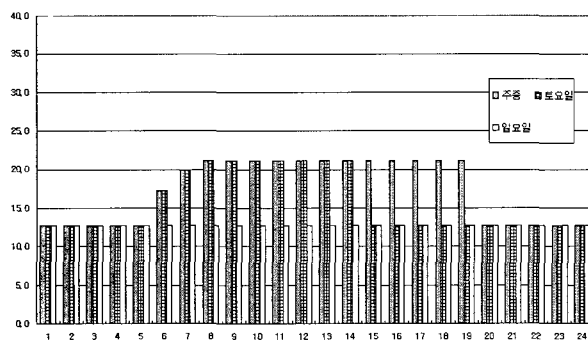


(c) 재실자

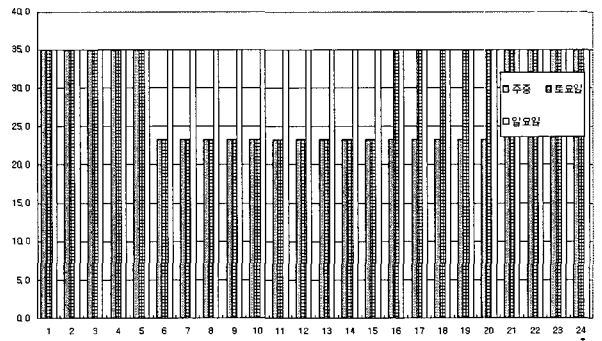


(d) 급탕 스케줄

[그림 3] 건물의 에너지 해석을 위해 적용되는 스케줄 조건



(a) 난방 설정온도

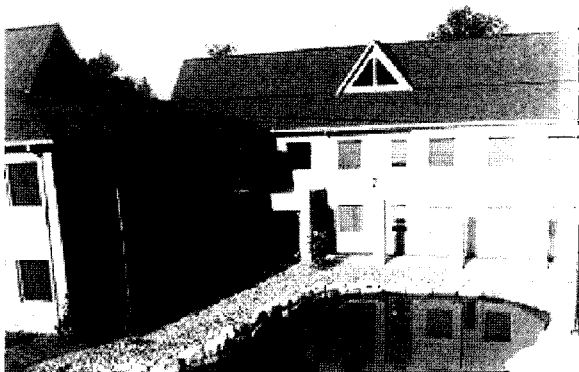


(b) 방방 설정 온도

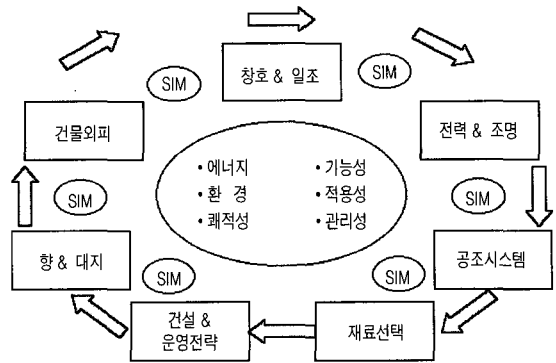
[그림 4] 냉난방 설정 온도

〈표 1〉 건물에너지 해석을 위한 설계조건 비교표

Component	미국 ASHRAE 90.1	캐나다 C-2000	한국 K-2000	
침기량	0.15 ACH	0.08 ACH	0.10 ACH	
창면적비	35	30	25	
공조시스템	VAV	Radiant Heating Cooling	VAV	
Fan/Pump Power	4.0 ~ 16 W/m ²	1.5 ~ 3.1 W/m ²	4.0 ~ 10 W/m ²	
환기량	10 l/s 인	10 ~ 20 l/s 인	10 ~ 15 l/s 인	
급탕량	3.8 l/day-person	1.9 l/day-person	2.9 l/day-person	
열회수 시스템	미사용	사용(84% Efficiency)	사용	
내부 기기부하	8.1 W/m ²	6.0 W/m ²	7.1 W/m ²	
내부 조명부하	18.5 W/m ²	9.3 W/m ²	13.5 W/m ²	
조도 조절 장치	미사용	사용	사용	
열관류율 (U-value) (W/m ² °C)	지상층 외벽	0.43	0.18	0.4
	지하층 외벽	0.53	0.53	0.5
	창 문	3.7	0.91	1.6
	문	2.5	1.0	2.5
	지붕	0.27	0.1	0.29
	바닥(외주부)	5.0	0.63	5.0
바닥(내주부)	5.0	5.0	-	
제안성능 비교	100%	50%	75%	



〔그림 5〕 최초의 C-2000 건물인 Green on The Grand 사무소 건물



〔그림 6〕 IDP(integrated design process) 개략도

평가하여 설계에 참고하기 위하여 IDP(integrated design process) 통합설계과정 개념을 적용하여 원하는 성능을 효과적으로 얻을 수 있도록 하였다.

K-2000은 C-2000을 바탕으로 하여 ASHRAE 90.1의 에너지 성능의 75%달성을 목표로 하여 한국 에너지기술연구원과 캐나다 국립에너지 연구소간의 국제 공동 연구 결과에서 제안하고 있는 조건이다. ASHRAE 90.1 및 C-2000와 마찬가지로 건물 에너지 절감을 위하여 기계, 전기, 설비 및 건축 분야의 설계 기준을 제시하고 있다. 설계 조건을 바탕으로 제안된 저층 사무소용 건물의 캐나다 C-2000와 한국의 K-2000 에너지 설계 조건은 표 1과 같고 각각

ASHRAE 90.1의 성능목표의 50%, 75%를 목표로 하고 있다.

건물의 경우는 다른 제품과 달리 여러 가지 요소가 복합적으로 이루어져 있어서 고효율의 건축물을 설계하기 위해서는 설계 초기 단계에 다양한 선택에 직면하게 된다. 이러한 선택을 위해서는 설계 초기부터 건축주, 설계자, 시공자 및 각 분야 전문가 간의 효율적인 대화가 필요하며, 기계, 전기, 설비 및 건축 등의 명확한 기준과 선택의 방법이 필요하다. 따라서 제안된 기준을 바탕으로 설계 단계에서 다양한 성능의 검증 실시한다면 보다 고효율의 건물의 설계와 건축이 가능할 것으로 생각된다. (2003)