

동적열해석프로그램을 이용한 대형할인매장의 에너지 소비 특성 분석

김병수*, 홍원표**

*(주)BEMS컨설팅(ibems@naver.com), **한밭대학교 건축설비공학과(wphong@hanbat.ac.kr)

The Energy Performance Analysis of Large Scale Store Using Dynamic Thermal Analysis Simulation Program

Kim, Byoung-Soo* Hong, Won-Pyo**

*BEMS Consulting(ibems@naver.com),
**Dept. of Building Services, Hanbat National University(wphong@hanbat.ac.kr)

Abstract

The purpose of this study is to analyze the situation of energy consumption and its characteristics in large scale store. The related survey is carried out in large scale store to investigate the energy consumption and energy use trend of heating, cooling, hot water, lighting, ventilation, equipments and others. The area of large scale discount store is about 65000m², located in Daejeon. For Annual Energy Analysis of building, We surveyed used energy for 1 year and simulated using a building energy simulation(TRNSYS 16).

The results of this study are as follows. 1)The amount of annual total energy consumption are 18615.244MWh/yr(286.4KWh/m²yr), The rate of heating, cooling and base energy(for hot water, lighting, ventilation, equipments, cooking and others) is 3054MWh/yr(47kWh/m²yr), 5660.09MWh/yr(87.08kWh/m²yr), 9900.47MWh/yr(152.31KWh/m²yr) respectively. The total used energy is higher than others building in Korea. Especially, The energy consumption of large scale store is very depends on operating period and pattern such as space temperature, occupancy, lighting system, equipments operating schedule and etc.

Keywords : 대형할인매장(Large Scale Discount Store), 냉난방에너지(Heating & Cooling Energy), 동적열해석 프로그램(Dynamic Thermal Analysis Simulation Program), 트란시스(TRNSYS)

1. 서 론

1.1 연구의 목적

현재 시공된 후 운영되고 있는 국내의 대형

할인매장을 선택하여 건축물의 에너지 성능 분석 및 개선안 도출을 위해 현재 사용되는 에너지 사용량과 동적열해석 프로그램을 이용하여 연간 에너지소비량을 요소별로 분석

투고일자 : 2010년 9월 3일, 심사일자 : 2010년 9월 18일, 게재확정일자 : 2010년 12월 3일
교신저자 : 홍원표(wphong@hanbat.ac.kr)

하였다. 분석된 결과는 대형할인매장의 에너지 절감을 위한 기술의 우선순위를 합리적으로 선정하기 위한 기초데이터로 활용하고자 한다.

1.2 연구의 방법

대형할인매장의 에너지 소비특성분석은 다음과 같이 진행하였다.

① 도면을 통하여 건축물의 열적 특성 및 운영방법, 적용시스템을 분석한다. 시스템의 경우 장비일람표 및 시스템 운영방법에 따라 설비종을 결정한다. ② 2009년도 연간 에너지 사용량을 전기와 가스의 실측데이터를 토대로 연간에너지 사용량을 월별로 분석하였다. ③ 2009년도 대전지역의 기상데이터 즉 외기온도, 일사량, 상대습도, 풍량, 풍속, 운량, 상대습도등을 요소별 시간별로 정리하여 프로그램 포맷에 맞게 제작한다. ④ 도면분석에서 도출된 건축물의 크기, 외피의 종류 등의 건축적인 부분과 시스템방식, 플랜트방식 별 특징등을 입력한 시뮬레이션 해석모델을 통해 건축물의 에너지소비특성을 분석한다.

2. 대형할인매장의 개요

2.1 건축물의 개요

에너지성능분석 대상 건축물인 대형할인매장은 지하1층, 지상5층 건축물 연면적은 약 65,000m²(약 19,500평), 공조면적은 32,400m²(9,800평)으로 되어 있다. 지하에는 기계실 및 급수탱크 등의 부대시설이 설치된 공간이다. 매장은 지상1층과 지상2층으로 되어 있으며, 지상3층부터 지상 5층까지는 주차장으로 되어 있다.

지하실 및 지상 3층, 지상4층, 지상5층의 대부분의 실들은 비공조공간이며, 주차 및 시설유지를 위해 조명은 설치되어 있다.

대형할인매장의 주요 냉난방설비는 흡수식 냉동기와 공랭식 패키지 에어컨, 냉난방겸용 EHP, 관류형보일러 등이 설치되어 있다.

표 1. 건축물의 개요

	용도(실명)	바닥면적(m ²)	체적(m ³)
지상 1층	매장좌측	5328	66067.2
	홀	2294.00	28445.6
	식당1	1351.5	16758.6
	식당2	344.5	4271.8
	매장우측	3774	46797.6
	공조실(1)	265	3286
	공조실(2)	740	9176
	냉동고	962	11928.8
	하역장(1)	790.5	9802
	하역장(2)	201.5	2498.6
지상2층	하역장(3)	155.0	1922
	매장좌측	5328	66067.2
	홀	2294.00	28445.6
	식당1	1351.5	16758.6
	식당2	344.5	4271.8
	매장우측	3774	46797.6
	공조실(1)	265	3286
	공조실(2)	740	9176
	냉동고	962	11928.8

표 2. 장비일람표

장비명	개수	용량	용도	열원
관류형 보일러	2	1.5ton/h	가습용	LNG
흡수식냉동기(직화식)	3	700USRT	냉방용	LNG
냉각탑	3	4,680,000 kcal/h	냉온수기 냉각용	전기
	2	585000 kcal/h	냉동, 냉각용	전기
공랭식 패키지 에어컨	10	146020 kcal/h	냉방용	전기
천장형 냉난방겸용 EHP	32	405kW	냉난방겸용	전기

2.2 조명부분

할인매장에 설치된 조명기구의 대부분은 라인형 형광등이며, 광원의 노출 및 형태에 따라 기계실, 매장, 부대시설로 구분되어 있다.

지하실 및 부대시설의 조명밀도는 5~7W/m²이며, 매장의 조명밀도는 15W/m²로 되어 있다. 특히 매장의 경우 천장고가 일반 사무용 건물보다 1.2m정도 높기 때문에 실지수가 다르고, 조명률, 감광보상률이 작기 때문에 조명밀도가 높게 분석되었다.

2.3 연간 사용에너지

연간 에너지 사용량을 분석한 결과 전체 사용 에너지량은 18,615.24MWh/yr이며 이것을 연면

적 65,000m²로 나눈 결과 단위면적당 286.39kWh/m²yr로 분석되었다. 이 값은 아래의 표에 제시된 건축물 용도별 에너지 원단위의 평균값과 유사한 값을 나타내고 있다. 하지만 연면적의 50%이상이 비공조공간인 주차장이고 전체 에너지의 50%를 냉난방에너지로 소비되는 것을 고려할 때 공조공간으로 환산한 에너지 원단위는 약 574kWh/m²yr에 해당한다. 특히 조명, 인체, 기기 등의 단위면적당 내부발열량이 높고 제품의 신선도를 고려하여 24℃이하의 낮은 실내온도가 냉방에너지 소비량 증가의 원인이 된다. 또한 흡수식 냉동기가 일반 원심식 냉동기에 비해 COP가 20%미만으로 낮기 때문에 냉방에너지가 난방에너지 소비량보다 1.85배 높은 것으로 분석되었다. 난방에너지 소비량은 상대적으로 매우 작은 것으로 분석되었다.

표 3. 건축물 종류별 에너지 원단위

원단위	건물 유형	업무건물	무용물	공공주택	백화점	호텔	병원	학교	공공건물	전화국	전평균
전력원단위 (kWh/m ² yr)		113	38	194	141	128	90	85	243	78	
연료원단위 (kWh/m ² yr)		176	242	237	426	342	162	131	88	219	
에너지원단위 (kWh/m ² yr)		289	280	431	567	470	252	216	331	297	

에너지원단위를 공조공간의 면적으로 환산할 경우 냉난방에너지 원단위는 268.97kWh/m²yr(난방:94.28kWh/m²yr, 냉방:174.69kWh/m²yr)로 분석되었다. 또한 아래의 그림 1에 나타난 것과 같이 냉난방을 하지 않는 중간기의 에너지 사용량은 이 건물을 운영하기 위한 기초 운영 에너지(Base Energy) 즉 급탕, 환기용, 장비 및 콘센트부하, 조명, 수송용 에너지, 위생용 급수펌프의 사용량을 포함한다. 기초운영에너지는 단위면적당 사용량은 152.31kWh/m²yr이며 공조면적으로 환산할 경우 305.57kWh/m²yr에 해당하며 전체 에너지소비량의 50%에 해당하는 것으로 분석되었다. 냉난방에너지 소비량 및 기초운영에너지원의 항목별 자세한 분석은 시뮬레이션 해석모델을 통해 4.3에서 상세히 언급할 것이다.

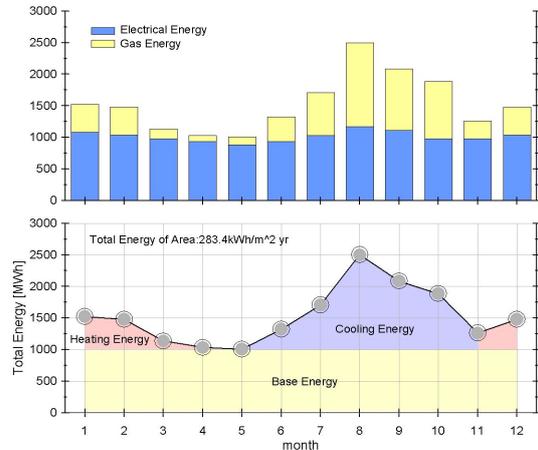


그림 1. 건축물의 에너지원별 소비경향 및 총에너지 소비량 분석결과

3. 기상데이터

시뮬레이션 프로그램을 이용하여 실제 실험 모델을 검증하기 위해서는 실험모델이 설치되는 주변환경과 시시각각 변하는 기상조건을 정확하게 입력하는데 달려 있다. 기상데이터는 중요한 변수 중 하나이기도 하면서 실험모델을 검증하기 위한 가장 기초작업에 해당된다. 하지만 기상조건은 다양한 변수를 가지고 있기 때문에 이 모든 변수를 모두 고려하여 프로그램에 적용하기란 불가능한 일이다.

표 4. 대전지역 시간별 표준기상자료 월별 통계처리 결과

Month	건구온도(℃)			습구온도(℃)	상대습도(%)	풍속(m/sec)	일일일사량(Wh/m ²)	난방도일(18℃)	냉방도일(18℃)
	월평균	최대	최저						
1월	-1.6	9.4	-12.2	-3.9	57.7	3.1	7187	610	0
2월	0.3	11.1	-10.0	-1.7	66.7	4.8	8383	499	0
3월	5.4	17.8	-7.2	2.3	62.0	4.5	12729	395	0
4월	12.0	25.0	1.1	7.6	59.1	5.9	15556	183	0
5월	17.2	31.1	5.6	12.9	64.7	4.4	18308	50	21
6월	21.5	31.1	13.9	17.8	73.1	4.3	16163	2	106
7월	25.1	33.9	16.7	21.5	74.9	5.9	12792	0	217
8월	25.8	35.0	16.7	21.8	73.0	4.9	16198	0	241
9월	20.3	28.9	8.9	17.8	80.5	4.2	11491	6	72
10월	14.2	25.6	0.0	10.2	63.8	3.3	10954	121	1
11월	6.4	20.6	-3.9	4.3	73.4	4.2	7319	357	0
12월	0.7	10.6	-10.6	-1.4	64.1	4.0	6427	539	0
연평균	12.3	35.0	-12.2	9.1	67.8	4.5	11959	2763	659

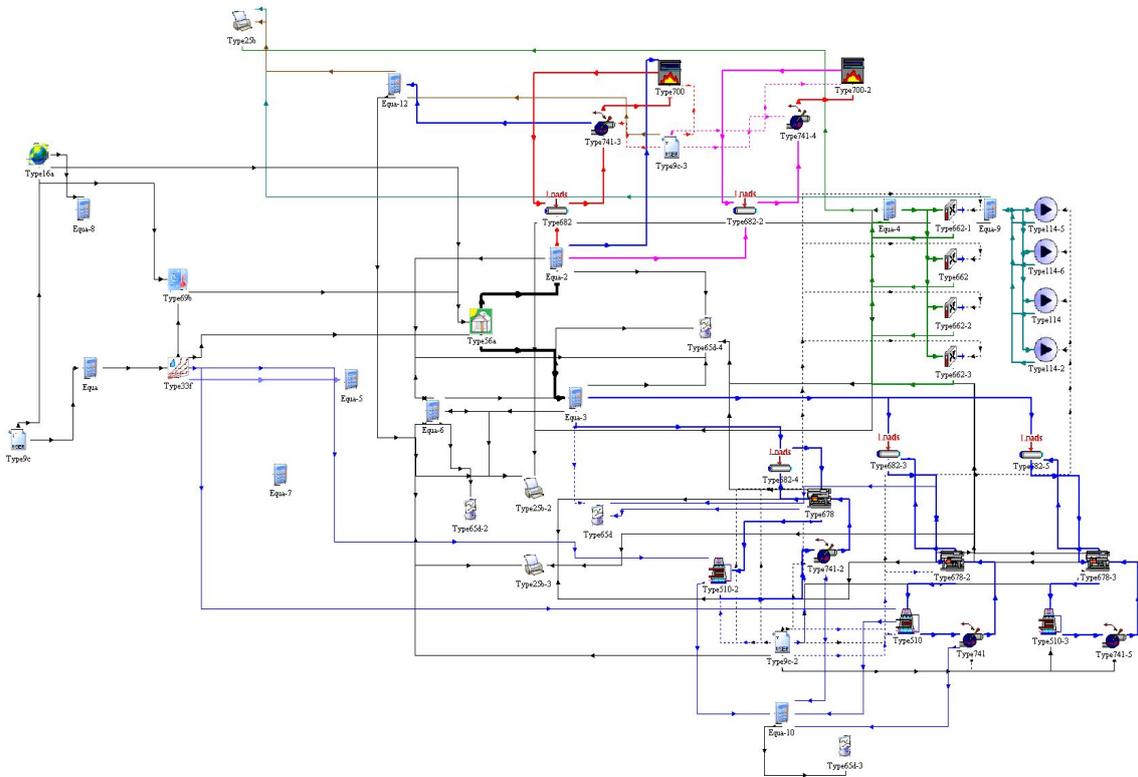


그림 2. TRNSYS에서 모델링된 대형할인매장의 시뮬레이션 해석모델

따라서 시뮬레이션 작업에 사용할 프로그램의 기상파일 포맷에 맞게 정확하게 작성해야 한다. 본 연구에서 사용된 프로그램은 TRNSYS16을 사용하였으며 이 프로그램에 사용되는 기상파일의 구성요소는 외기온도, 법선면 직달일사, 산란일사, 풍향, 풍속, 상대습도 등으로 구성되어 있다.

4. 시뮬레이션 해석모델

대형할인매장의 에너지 성능분석 프로그램으로 TRNSYS를 사용하였으며 TRNSYS로 모델링된 시뮬레이션 해석모델의 모습은 그림 2와 같다.

4.1 동적열해석 프로그램의 개요

건물에너지해석 프로그램으로 널리 활용되고 있는 TRNSYS는 1975년에 상용 프로그램

으로 처음 발표된 이래 지속적인 버전업으로 현재 ver16에 이르고 있다. 이 프로그램은 태양열 시스템의 동적인 시뮬레이션 및 설계를 위한 것이었다. 미국의Wisconsin 대학에서 개발되기 시작하였으나, 현재는 독일과 프랑스 등 세계 각국에서 개발되고 있다.

4.2 시뮬레이션 해석모델의 검증

TRNSYS에 의해 모델링된 대형할인매장의 시뮬레이션 해석모델의 계산결과와 실제 사용량을 비교 분석한 결과는 다음과 같다.

분석결과 월별 오차는 최대 14.44%에서 최소 1.56%로 분석되었다. 14.44%의 오차율이 발생한 이유는 건물의 에너지 사용량을 조사할 당시 12월의 에너지사용량과 1월의 에너지 사용량의 차이가 30%이상 차이가 있기 때문이다. 일반적인 건축물의 경우 1월과 12월

은 외기온도가 일사의 조건이 매우 유사하기 때문에 난방에너지 소비량이 거의 동일한 값을 갖고 있기 때문에 본 연구에서도 12월의 에너지 사용량이 일부 누락된 것으로 예측된다. 따라서 본 연구에서는 12월의 난방에너지 사용량을 1월의 에너지 사용량과 유사한 값을 갖도록 평균오차율을 적용하여 보정하였다. 아래의 그림 3은 12월 에너지 사용량을 보정한 후 실제 사용량과 시뮬레이션 해석모델의 계산결과를 나타내고 있다.

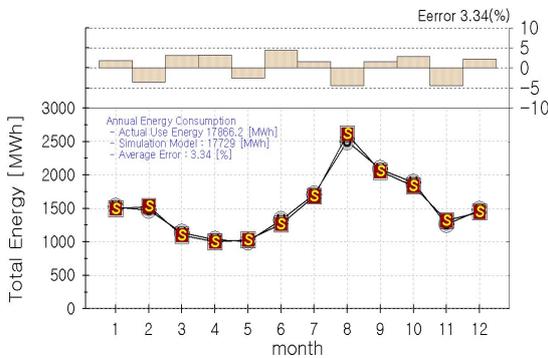


그림 3. 실제사용에너지와 시뮬레이션 해석모델의 계산결과 비교

4.3 시뮬레이션에 의한 에너지 소비량 분석

1) 요소별 에너지 성능분석

시뮬레이션에 의해 에너지 소비원별로 에너지 사용량을 분석한 결과는 아래의 그림과 같다. 대형할인매장의 경우 냉방에 사용되는 에너지가 전체 소비에너지의 32%로 가장 높게 나타났으며, 난방용, 조명용, 수송용, 장비 콘센트용, 환기용, 위생 및 급탕순으로 소비되고 있는 것으로 분석되었다.

2) 난방에너지

분석난방에너지는 연간 3054.68MWh/yr (47.00kWh/m²yr)을 소비하고 있으며, 전기, 화석, 시스템, 보조난방 시스템에서 소비되고 있다. 난방시스템(Heating System)의 경우 난방을 위한 팬, 펌프등을 포함한 공조기에서

소비되는 에너지를 말한다. 보조난방시스템은 패키지형 EHP를 의미한다.

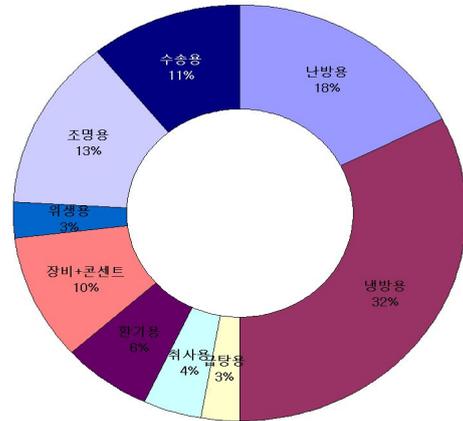


그림 4. 대형할인매장의 에너지 소비 구성비율

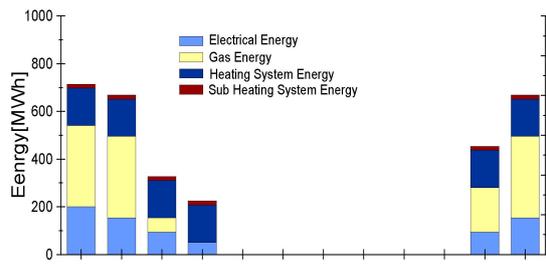


그림 5. 월별 난방에너지 사용량분석

3) 냉방에너지 분석

냉방은 주로 직화식 흡수식 냉동기에 의해서 이루어지기 때문에 전기에너지 소비량보다 가스에너지 소비량이 많은 것으로 분석되었다.

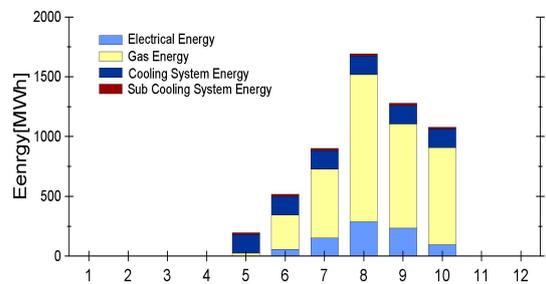


그림 6. 월별 냉방에너지 사용량 분석

또한 외부와 접하는 부분에 보조용 패키지 에어컨이나 냉난방겸용 EHP를 설치하여 외부 기상조건에 따라 증감하는 냉방에너지 증가를 해결하도록 하였다. 냉방에너지는 연간 5660.09MWh/yr(87.08kWh/m²yr)의 에너지를 소비하고 있으며 난방에너지보다 약 1.85배를 더 많이 소비하는 것으로 분석되었다.

4) 기초 운영에너지

기초운영에너지는 급탕, 조명, 환기, 수송 승강용 에너지 등 총 8가지로 구분하여 분석하였다. 기초운영에너지의 외부 기상조건에 영향을 거의 받지 않고 일정한 에너지 소비패턴을 가지고 있기 때문에 아래의 그림과 같이 월별 차이가 없는 것으로 분석되었다.

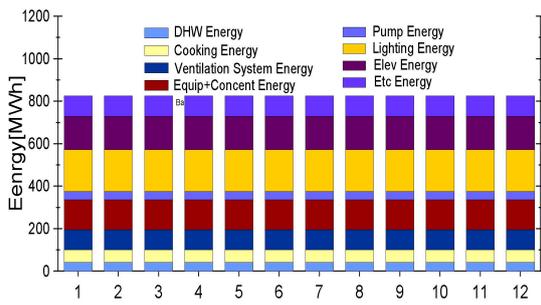


그림 7. 월별 기초운영 에너지 사용량 분석

연간 기초운영에너지로 소비되는 에너지는 9,900.47MWh/yr(152.31kWh/m²yr)로 조명에너지와 설비 및 콘센트 부하가 가장 큰 값을 차지하는 것으로 분석되었다. 이러한 부하 및 에너지 특성 때문에 태양광 발전시스템, 태양열 급탕시스템, 열병합 발전시스템과 같은 신재생에너지 시스템의 적용에 따른 에너지 절감효과가 높을 것으로 예상된다.

5. 결 론

(1) 대형할인매장의 실제 사용량 조사 및 시뮬레이션에 의해 에너지 소비원별로 에

너지 사용량을 분석한 결과는 아래의 그림과 같다. 대형할인매장의 경우 냉방에 사용되는 에너지가 전체 소비에너지의 32%로 가장 높게 나타났으며, 난방용, 조명용, 수송용, 장비 콘센트용, 환기용, 위생 및 급탕순으로 소비되고 있는 것으로 분석되었다.

(2) 대형할인매장의 경우 난방에너지보다 냉방에너지 소비량이 약 1.85배 많이 소비되는 것으로 분석되었다.

(3) 전체 사용에너지중 난방 및 냉방에너지를 제외한 기초운영에너지가 총 에너지 소비량의 50%를 차지하는 것으로 분석되었다.

(4) 대형할인매장은 공조면적보다 주차장과 수송승강설비와 같은 부대시설이 차지하는 면적이 넓기 때문에 공조공간의 면적으로 총에너지 사용량을 나눌 경우 단위면적당 에너지 사용량은 약 574kWh/m²yr에 해당한다. 이 값은 일반 사무소 건축물의 2배에 해당하는 것으로 분석되었다.

참 고 문 헌

1. Lucas Lira, "Hybrid heating and cooling system optimisation with TRNSYS", Department of Mechanical Engineering, University of Strathclyde Engineering, 2008.
2. Olympia Zogou, Dipl.-Ing, "Transient Simulation fo a Combined cycle Trigeneration System Fuelled by Natural Gas", University of Thessaly School fo Engineering Department of Mechanical Engineering Lab. of Thermodynamic & Thermal Engines, 2007.7
3. NanShou, Chris Marnay, Ryan Firestone, Weijun Gao, and Masaru Nishda, " An analysis of the DER Adoption Climate in Japan Using Optimization Result for Prototype Building with U.S. Comparisons", LBL., 2006.6.
4. 차재호외 13인, "에너지총설(하)",한국에너지정보센터, 2003.