

## TRNSYS 프로그램을 이용한 대형쇼핑매장 에너지성능해석 및 지열시스템을 도입하는 경우 에너지절약 특성분석

(Analysis of Energy Performance & Energy Saving with Geothermal Heat Pump System  
Using TRNSYS Program in a Large Scale Shopping Store)

홍원표\*

(Won-Pyo Hong)

### Abstract

Energy consumption in buildings is currently a real problem. That is why both assessment of energy performance and effective energy management including renewable energy system are essential. Thus, this paper focuses on a case study to analyze the energy performance and cooling & heating energy saving of a large scale shopping store in Daejeon city. The reference building is simulated by using TRNSYS dynamic simulation tool to examine its annual energy consumption. For annual energy analysis of building, one year energy consumption is surveyed in the field. The related study is carried out in large scale shopping store to investigate the energy consumption and energy use trend of heating, cooling, hot water, lighting, ventilation, equipments and other. The evaluation of energy performance of the geothermal heat pump system installed in a large scale shopping store is also analyzed by TRNSYS tool. From simulation results, it evaluated that the geothermal heat pump system is effective energy savings method in large scale shopping store.

Key Words : Energy Performance Analysis, Weather Conditions, Annual Energy Consumption,  
Large Scale Shopping Store, Heating & Cooling Energy, TRNSYS Program, GHPS

## 1. 서 론

### 1.1 연구배경 및 목적

우리나라의 건물 에너지가 1차 에너지를 차지하는 비율은 21%이며 선진국은 40%을 초과하고 있다. 특히 우리나라의 에너지소비는 국제적으로 에너지다소비국가에 속한다. 1차 에너지소비 세계 10위, 석유소비 세계 7위, 전력소비 세계 11위로 그 결과 CO2 배출

---

\* Main author : Dept. of Building & Plant  
Engineering, Hanbat National University, Korea  
Tel : 042-821-1179, Fax : 042-821-1175  
E-mail : wphong@hanbat.ac.kr  
Received : August 28, 2014  
Accepted : October 15, 2014

이 세계 10위에 이른다[1]. 1인당 1차 에너지에 있어서는 이미 영국과 일본 수준을 넘어섰으며 1인당 전력소비는 독일과 영국 수준을 넘어선 상태이다. 우리나라의 국가에너지 총 사용량에 대한 건물에 대한 에너지 비중은 28%를 상회하고 있으며 서울시의 경우 58% 건물에너지 부분이 차지하고 있다[2]. 한국에서는 에너지부문에서 대부분의 온실가스가 배출되기 때문에 건물에너지의 정밀한 해석은 막대한 에너지의 소비하는 건물에서의 생애주기 동안 에너지절감을 위한 설계, 효율적인 건물에너지 운용 및 관리는 매우 중요하다[3-4]. 이에 정부도 저탄소 녹색성장 기본법을 기반으로 녹색건축물 조성지원법을 2013. 3.23일 시행함에 따라 건축물 온실가스배출량 감축과 녹색건축물의 확대 등 구체적인 실천의지를 반영하였다. 특히 이 조성법은 녹색건축인증, 건축물의 효율 등급인증, 건축물 에너지소비증명 및 인증기관의 취소 등의 법률적 근거를 제공하고 있다[5-7]. 이중에서도 건축물 에너지 소비총량제 시행과 10등급의 에너지효율 등급 인증제도는 에너지사용량의 정량적으로 평가하고 예측하기 위하여 시뮬레이션 툴을 활용한 건물에너지 성능 분석은 건설프로세스에서 필수적인 요건으로 자리매김하였다. 시뮬레이션 툴은 법규만족 요구조건 검토 뿐만 아니라, 부하계산, 의사결정, 열쾌적 진단 등 다양한 목적으로 활용된다. 특히 시뮬레이션 툴은 설계프로세스에서 설계 대안을 검토하여 개선안을 도출하고 문제의 해결책을 강구하는 데 있어서 탁월한 능력을 지닌다. 건물의 에너지 성능을 표현하는 방법은 크게 건물의 에너지 성능을 달성하기 위한 수단과 방법을 규정하는 지시적 접근과 달성해야할 목표를 기술하는 성능중심의 접근으로 구분된다[4, 8]. 지시적 접근은 규정으로 이루어져 쉽고 빠르게 결과를 확인할 수 있는 반면에 성능중심적 접근은 답을 스스로 찾아내며 오랜 시간이 소요되거나 창의적인 설계를 유도하는 데 효과적이라는 특징을 가지고 있다. 현재 국내에서는 지시적 접근방법인 에너지성능지표(EPI)점수와 동적 프로그램을 통해 건물에너지 사용량을 계산하는 성능중심적 방법 2가지를 이용하여 건축물의 에너지 성능을 평가하고 있다[9]. 최근에는 성능 중심적 방법의 동적프로그램이 선진국을 중심으로 매우 다양한 특성을

가진 툴이 개발되어 사용되고 있다[10-11]. 건축물의 에너지 절약설계기준(2010년 12월 31일, 국토해양부 고시 제2010-1031호)은 건축 기계설비, 전기설비 신재생에너지의 4분야의 에너지절약설계로 구성되었으며 이를 근거로 각각의 분야에 설계서와 에너지절약계획서를 제출해야하며 EPI 점수를 통한 건축물 효율등급 인증은 단독·공동주택, 업무시설, 냉·난방 면적이 500m<sup>2</sup> 이상인 그밖의 건축물에 일괄적으로 적용된다[12]. 이 기준의 신재생에너지 설비부분은 신에너지 및 재생에너지 개발, 이용 보급촉진법에 설계해야한다[13]. 건축물 에너지 관련 허가기준인 「건축물의 에너지절약 설계기준(국토해양부 고시)」의 건물에너지 소비총량제 규정(제20조)은 연면적 1만m<sup>2</sup> 이상 업무시설 등 대형 건축물에 대해 우선 적용하고, 단계적으로 대상 건축물을 확대할 예정이다. 건물의 성능중심의 동적에너지 해석은 이러한 제도적·법적요구조건을 만족시키는 설계의 기준이 되며 또한 건물에너지 절약 및 관리·제어에서도 핵심적인 사항으로 부각되었다. 따라서 본 논문에서는 대전소재의 기존 건축물 대형쇼핑매장을 선택하여 건축물의 에너지 성능 분석 및 에너지 절감방법을 도출을 위해 현재 사용되는 에너지 사용량과 TRNSYS(Transient System Simulation)프로그램 16 동적열해석 프로그램[14]을 이용하여 연간 에너지소비량을 요소별로 분석하고 이 건물에 지열히트펌프시스템을 적용하여 에너지 절감 효과를 분석하였다. 연간 에너지소비량의 분석된 결과는 대형쇼핑매장의 에너지절감을 위한 기술의 우선순위를 합리적으로 선정하기 위한 기초데이터로 활용하는데 크게 기여하였다.

## 1.2 연구방법

대형할인매장의 에너지 소비특성분석은 다음과 같이 진행하였다. 1) 도면을 통하여 건축물의 열적 특성 및 운영방법, 적용시스템을 분석한다. 시스템의 경우 장비일람표 및 시스템 운영방법에 따라 설비준을 결정한다. 2) 2009년도 연간 에너지 사용량을 전기와 가스의 실측데이터를 토대로 연간에너지 사용량을 월별로 분석하였다. 3) 해당연도의 지역 기상데이터 즉 외

기온도, 일사량, 상대습도, 풍량, 풍속, 운량, 상대습도 등을 요소별 시간별로 정리하여 프로그램 포맷에 맞게 제작한다. 4) 도면분석에서 도출된 건축물의 크기, 외피의 종류 등의 건축적인 부분과 시스템방식, 플랜트 방식 별 특징 등을 입력한 시뮬레이션 해석모델을 통해 건축물의 에너지소비특성을 분석한다. 5) 에너지소비특성을 소비원별로 정리하고 지열히트펌프시스템의 적용가능성을 시뮬레이션을 통해 정량적으로 분석하였다.

## 2. 대상건물개요 및 시뮬레이션 조건

### 2.1 대상건물의 개요 및 장비

에너지성능분석 대상 건축물인 대형쇼핑매장은 지하1층, 지상5층 건축물 연면적은 약 65,000㎡(약 19,500평), 공조면적은 32,400㎡(9,800평)으로 되어 있다. 지하에는 기계실 및 급수탱크 등의 부대시설이 설치된 공간이다. 매장은 지상1층과 지상2층으로 되어 있으며, 지상 3층부터 지상 5층까지는 주차장으로 되어 있다. 지하실 및 지상 3층, 지상4층, 지상5층의 대부분의 실들은 비공조공간이며, 주차 및 시설유지를 위해 조명은 설치되어 있다. 그 전체적인 공간 규모는 표 1과 같으며 그림 1은 쇼핑매장의 대표적인 지상 1

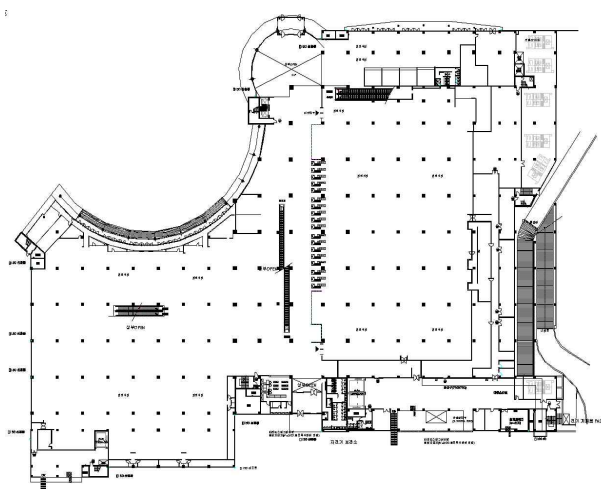


그림 1. 지상1층 매장 평면도  
Fig. 1. Plane figure of 2<sup>nd</sup> floor of large store

층매장 평면도를 나타낸 것이다. 연구에 중요한 부분인 냉난방을 위한 주요 설비는 흡수식냉동기 3대와 공랭식 패키지 에어컨 10대, 냉난방겸용 EHP 32대, 관류형보일러 2대 등이 설치되어 운영되어 있다. 주요설비의 장비일람표는 표 2와 같다.

표 1. 건축물의 개요  
Table 1. Space specification of architecture

	용도(실명)	바닥면적(㎡)	체적(㎡)
지상 1층	매장좌측	5,328	66,067.2
	홀	2,294.00	28,445.6
	식당1	1,351.5	16,758.6
	식당2	344.5	4,271.8
	매장우측	3,774	46,797.6
	공조실(1)	265	3,286
	공조실(2)	740	9,176
	냉동고	962	11,928.8
	하역장(1)	790.5	9,802
	하역장(2)	201.5	2,498.6
	하역장(3)	155.0	1,922
지상2층	매장좌측	5,328	66,067.2
	홀	2,294.00	28,445.6
	식당1	1,351.5	16,758.6
	식당2	344.5	4,271.8
	매장우측	3,774	46,797.6
	공조실(1)	265	3,286
	공조실(2)	740	9,176
	냉동고	962	11,928.8

표 2. 장비일람표  
Table 2. Apparatus and equipment lists

장비명	개수	용량	용도	열원
관류형 보일러	2	1.5ton/h	가습용	LNG
흡수식냉동기(직화식)	3	700USRT	냉방용	LNG
냉각탑	3	4,680,000kcal/h	냉온수기 냉각용	전기
	2	585,000kcal/h	냉동, 냉장용	전기
공랭식 패키지 에어컨	10	146,020kcal/h	냉방용	전기
천장형 냉난방겸용 EHP	32	405kW	냉난방겸용	전기

## 2.2 조명부분

대형쇼핑매장에 설치된 조명기구의 대부분은 라인형 형광등이며, 광원의 노출 및 형태에 따라 기계실, 매장, 부대시설로 구분되어 있다. 지하실 및 부대시설의 조명밀도는 5~7W/m<sup>2</sup>이며, 매장의 조명밀도는 15W/m<sup>2</sup>로 되어 있다. 특히 매장의 경우 천장고가 일반 사무용 건물보다 1.2m정도 높기 때문에 실지수가 다르고, 조명률, 감광보상률이 작기 때문에 조명밀도가 높게 분석되었다.

## 3. 기상데이터분석

시뮬레이션 프로그램을 이용하여 실제 실험모델을 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. 따라서 시뮬레이션 작업에 사용할 프로그램의 기상파일 포맷에 맞게 정확하게 작성해야 한다. 본 연구에서 사용된 프로그램은 TRNSYS16을 사용하였으며 이 프로그램에 사용되는 기상파일의 구성요소는 외기온도, 범선면 직달일사, 산란일사, 풍향, 풍속, 상대습도 등으로 구성되어 있다. 이 분석결과를 그림 2에 나타내었다. 냉난방에너지 소비량 및 기초운영에너지원의 항목별 자세한 분석은 시뮬레이션 해석모델을 통해 다음장에서 분석한다.

## 4. 대형쇼핑센터 에너지 사용량 조사

년간 에너지 사용량을 분석한 결과 전체 사용 에너지량은 18,419.4MWh/yr이며, 이것을 연면적 65,000m<sup>2</sup>로 나눈 결과 단위면적당 283.4kWh/m<sup>2</sup>yr로 분석되었다. 이 값은 아래의 표에 제시된 건축물 용도별 에너지 원단위의 평균값과 유사한 값을 나타내고 있다. 하지만 연면적의 50%이상이 비공조공간인 주차장이고

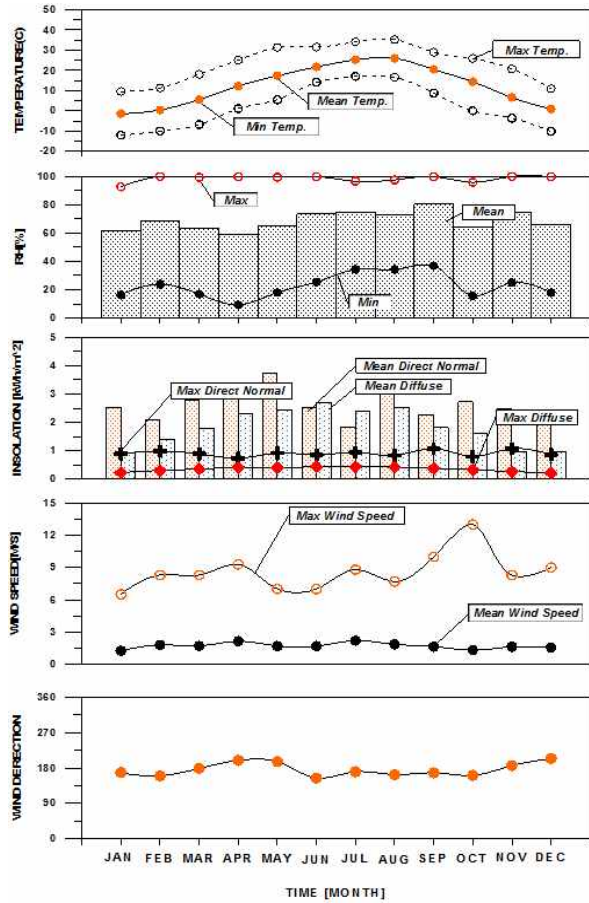


그림 2. 대전지역의 기후특성해석  
Fig. 2. Weather conditions analysis of Daejeon region

전체에너지의 50%를 냉난방에너지로 소비되는 것을 고려할 때 공조공간의 에너지 원단위는 약 500kWh/m<sup>2</sup>yr에 해당한다. 특히 조명, 인체, 냉동기기 등의 단위면적당 내부발열량이 높고 제품의 신선도를 고려하여 24°C이하의 낮은 냉방온도가 냉방에너지 소비량 증가의 원인이 된다. 또한 일정규모 이상의 건축물에는 흡수식 냉동기를 의무적으로 사용하도록 하고 있어 일반 원심식 냉동기에 비해 COP가 50%미만으로 낮기 때문에 냉방에너지가 난방에너지 소비량보다 1.85배 높은 것으로 분석되었다. 난방에너지 소비량은 상대적으로 매우 작은 것으로 분석되었다. 공조공간의 냉난방에너지 원단위는 268.97kWh/m<sup>2</sup>yr(난방 : 94.28kWh/m<sup>2</sup>yr, 냉방 : 174.69kWh/m<sup>2</sup>yr)로 분석되었

다. 또한 그림 3에 나타난 것과 같이 냉난방을 하지 않는 중간기의 에너지 사용량은 이 건물을 운영하기 위한 기초 운영에너지(Base Energy) 즉 급탕, 환기용, 장비 및 콘센트부하, 조명, 수송용 에너지, 위생용 급수펌프의 사용량을 포함하며 단위면적당 사용량은 134.37kWh/m<sup>2</sup>yr로 전체 에너지소비량의 50%에 해당하는 것으로 분석되었다.

표 3. 건축물 종류별 에너지 원단위  
Table 3. Energy consumption rate of architecture types

원단위 \ 건물유형	업무용 건축물	공동 주택	백화점	호텔	병원	학교	공공 건물	전체 평균
전력원단위(kWh/m <sup>2</sup> yr)	113	38	194	141	128	90	85	78
연료원단위(kWh/m <sup>2</sup> yr)	176	242	237	426	342	162	131	219
에너지원단위(kWh/m <sup>2</sup> yr)	289	280	431	567	470	252	216	297

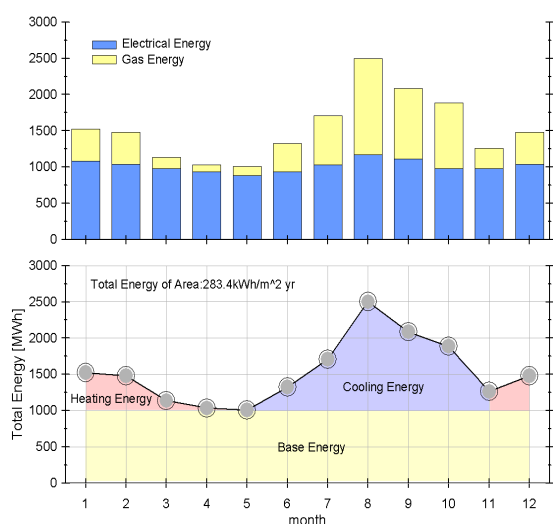


그림 3. 건축물의 에너지원별 소비경향 및 총에너지 소비량 분석결과

Fig. 3. Analysis results of consumption Trend of energy source and total energy consumption

## 5. 대형쇼핑센터 에너지 성능 분석

### 5.1 동적 시뮬레이션 프로그램의 개요

TRNSYS는 미국 Wisconsin대학의 SEL에서 개

발되어 각종 에너지시스템의 동적 열전달 해석에 많이 사용되고 있는 모듈 구조의 상용프로그램으로 메인프로그램과 컴포넌트(components)라고 불리는 서브루틴으로 구성되어 있다. 이와 같이 컴포넌트는 건물, 히트펌프(특정타입), 냉동기, 보일러, 펌프나 송풍기, 제어장치 등과 같은 각종 시스템 구성요소 등을 수치모델화 한 것으로 사용자는 이 컴포넌트를 연결하여 실제모델 시스템을 구현하게 되며 메인프로그램은 시뮬레이션을 실행시키고 컴포넌트사이의 온도, 풍량, 및 에너지전달률 등과 같은 입출력자료를 상호 연계시키게 된다. 시뮬레이션을 수행하기 위해서는 입력파일을 만들어야 하며, Simulation Studio나 텍스트 편집기 그래픽 인터페이스(GUI)를 사용하여 만들어진다. 이것으로 완성된 결과는 설비계통의 배관을 연상시키는데, 펌프와 축열조 등과 같이 실제로 그런 경우도 있으나 주로 정보의 흐름을 의미하게 된다. TRNSYS에서는 계산용도에 맞추어 개략적인 열부하 계산을 위한 디그리데이법과 전달함수법을 이용한 상세한 방법 모두 제공한다. 구성요소 중 TYPE 19와 TYPE 56은 ASHRAE(American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers)의 전달함수법(transfer function method)을 토대로 하여 벽체, 천장, 바닥 등을 모델링한다. 벽체의 안쪽과 바깥쪽을 대상으로 모든 복사열교환(태양으로부터의 단파장 및 다른 벽체, 천공으로부터의 장파장 모두)을 고려한다. 둘 이상의 구역(zone)으로 구성된 건물에는 TYPE 19를 여러 번 사용하여 표현할 수도 있으나, 구역 사이의 상호작용까지 구하는 데는 번거로움이 따른다. 따라서 이러한 경우를 위하여 개발된 것이 TYPE56이며 역행렬 기법을 이용하여 결합된 형태의 미분방정식을 풀기 때문에 효율적인 계산이 가능하다. 다중구역으로 구성된 건물(multi-zone building)에 대한 정보 및 데이터를 표현하고 입력하는 것은 대단히 복잡하다. 최근의 TRNSYS에서는 별도로 제공되는 프로그램인 TRANSflow에 의해 비교적 쉽게 작성할 수 있게 되어 있다.

### 5.2 시뮬레이션 해석 모델의 검증

TRNSYS 툴에 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 12월은 외기온도가 일사의 조건이 매우 유사하기 때문에 난방에너지 소비량이 거의 동일한 값을 갖고 있어 본 연구에서도 12월의 에너지 사용량이 일부 누락된 것으로 예측된다. 따라서 본 연구에서는 12월의 난방에너지 사용량을 1월의 에너지 사용량과 유사한 값을 갖도록 보정하였다. 아래의 그림 4는 12월 에너지 사용량을 보정한 후 실제 사용

량과 시뮬레이션 해석모델의 계산결과의 오차율을 나타내고 있다.

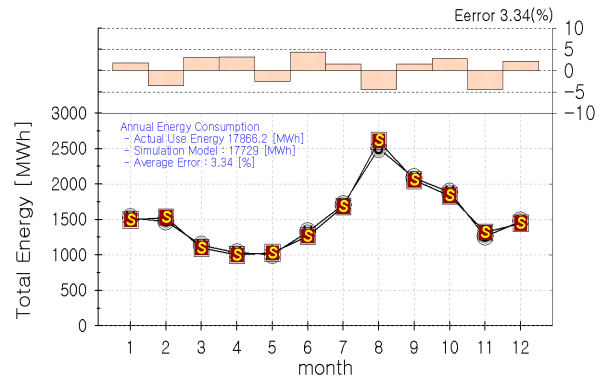


그림 4. 실제사용에너지와 시뮬레이션 해석모델의 계산결과 비교

Fig. 4. Comparison of measuring consumption energy and simulation results of consumption energy

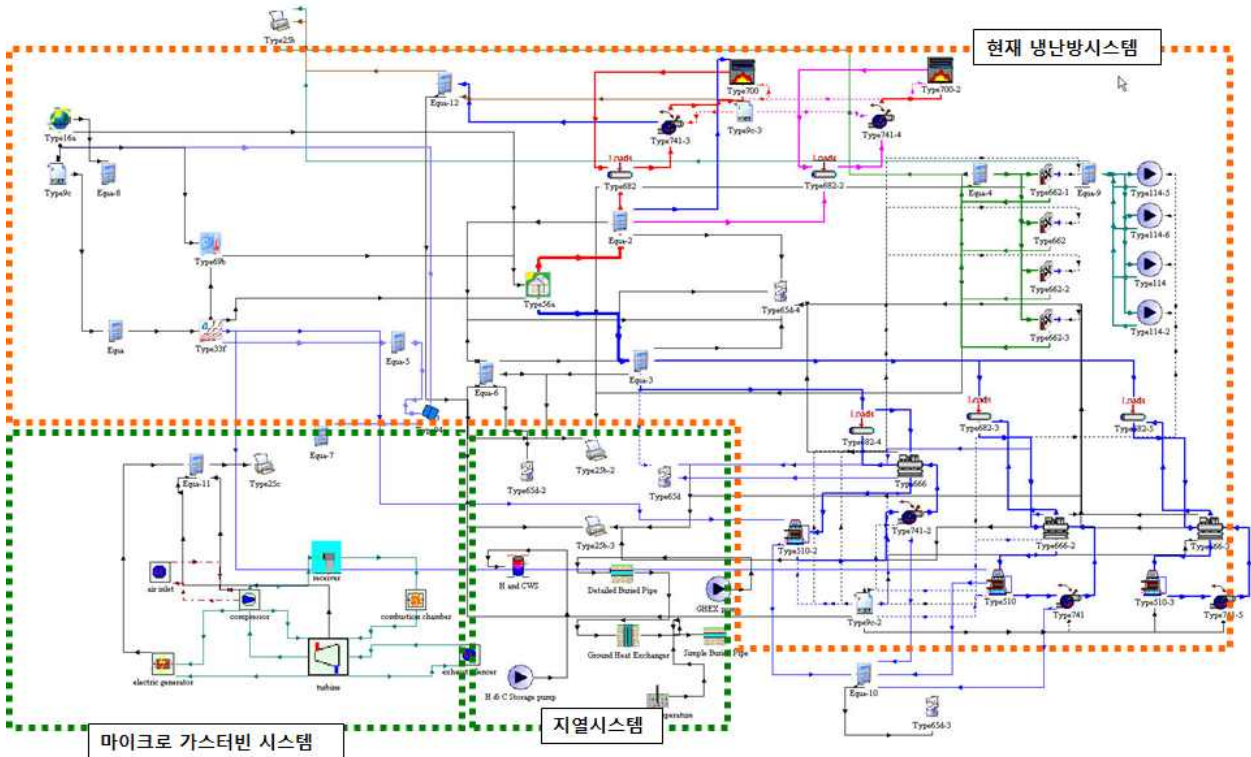


그림 5. 대형쇼핑매장 동적 시뮬레이션 해석 모델(에너지소비해석, 지열시스템)  
Fig. 5. Dynamic simulation analysis model of a large shopping store

### 5.3 시뮬레이션에 의한 에너지 소비량 상세분석

#### 5.3.1 요소별 에너지 성능분석

시뮬레이션에 의해 에너지 소비원별로 에너지 사용량을 분석한 결과는 아래의 그림 6, 7과 같다. 대형할인매장의 경우 냉방에 사용되는 에너지가 전체 소비 에너지의 32%로 가장 높게 나타났으며, 난방용, 조명용, 수송용, 장비 콘센트용, 환기용, 위생 및 급탕순으로 소비되고 있는 것으로 분석되었다. 그림 5의 현재 D 대형쇼핑매장의 주황색 점선으로 표시한 불력을 가지고 TRNSYS 16로 시뮬레이션하여 에너지 소비량을 계산한 것이다.

#### 5.3.2 난방에너지 분석

난방에너지는 전체 에너지의 약 50%를 차지하는 것으로 분석되었으며 항목별로 분석하면 다음과 같다. 난방에너지는 연간 46.995kWh/m<sup>2</sup>yr을 소비하고 있으며, 전기, 화석, 시스템, 보조난방 시스템에서 소비되고 있다. 난방시스템(Heating System)의 경우 난방을 위한 팬, 펌프 등을 포함한 공조기에서 소비되는 에너지를 말한다. 보조난방시스템은 패키지형 EHP를 의미한다.

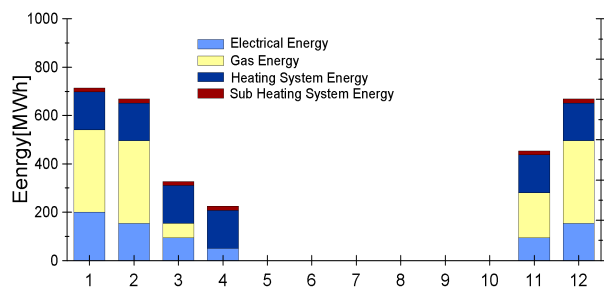


그림 6. 월별 난방에너지 사용량분석  
Fig. 6. Analysis of monthly consumption of heating energy

#### 5.3.3 냉방에너지 분석

냉방은 주로 직회식 흡수식 냉동기에 의해서 이루어지기 때문에 전기에너지 소비량보다 가스에너지 소비량이 많은 것으로 분석되었다. 또한 외부와 접하는 부

분에 보조용 패키지 에어컨이나 냉난방겸용 EHP를 설치하여 외부 기상조건에 따라 증감하는 냉방에너지 증가를 해결하도록 하였다. 냉방에너지는 연간 11,320.18MWh/yr(174.156kWh/m<sup>2</sup>yr)의 에너지를 소비하고 있으며 난방에너지보다 약 1.85배를 더 많이 소비하는 것으로 분석되었다.

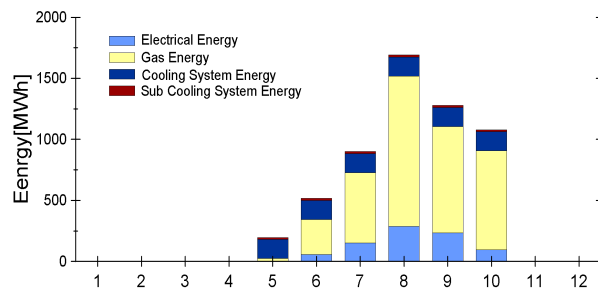


그림 7. 월별 냉방에너지 사용량 분석  
Fig. 7. Analysis of monthly consumption of cooling energy

#### 5.3.4 기초 운영에너지

건축물에서 소비되는 에너지 중 난방에너지 소비량을 제외한 에너지를 기초운영에너지(Base Energy)라 한다. 기초운영에너지는 급탕, 조명, 환기, 수송 승강용 에너지 등 총 8가지로 구분하여 분석하였다. 기초운영에너지의 경우 연간 일정한 에너지 소비패턴을 가지고 있기 때문에 아래의 그림과 같이 월별 차이가 없는 것으로 분석되었다. 연간 기초운영에너지로 소비되는 에너지는 9,900.468MWh/yr(152.31kWh/m<sup>2</sup>yr)로 조명에너지와 설비 및 콘센트 부하가 가장 큰 값을

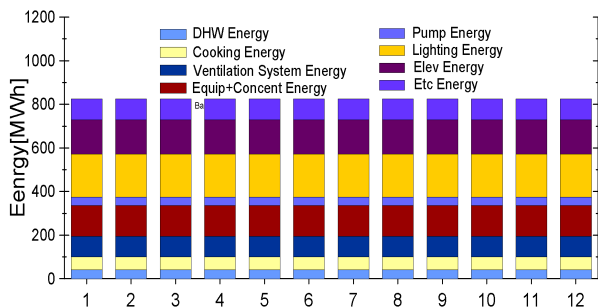


그림 8. 월별 기초에너지 사용량 분석  
Fig. 8. Analysis of monthly consumption of base energy

차지하는 것으로 분석되었다. 기초운영 에너지의 경우 년 중 최대부하가 예측이 용이할 뿐만 아니라 월별 에너지 소비량이 외부 기상조건에 따라 변화하지 않기 때문에 년중 일정한 양의 에너지가 소비된다. 이러한 부하 및 에너지 특성 때문에 태양광 발전시스템, 태양열 급탕시스템, 열병합 발전시스템과 같은 신재생에너지 시스템의 적용에 따른 효과 가장 우수한 부분이다.

## 6. 지열원히트펌프 적용 에너지절약시스템 에너지성능해석

### 6.1 지열원 히트펌프시스템

#### 6.1.1 지열원 히트펌프 시스템의 개요

지열 해석 프로그램(EED: Earth Energy Designer) 3.0에 의한 Earth Energy Design(EED)은 시추공 열교환 설계를 위한 컴퓨터 프로그램이다. 사용상의 편의성, 학습용이 및 빠른 계산 시간과 고유의 데이터 베이스를 가진 EED는 지열 히트펌프 시스템(GSHP)과 지열의 설계를 위한 엔지니어링 작업의 유용한 도구로 개발되었다. 이 입력 변수는 EED에서의 지중열교환기 길이를 계산하기 위해 시추할 지중의 물성치, 시추공과 열교환기의 종류 및 물성치, 열매체의 물성치의 입력 변수를 입력하였다. 성능평가를 수행한 결과 얻어진 월별 기본 부하 및 피크부하를 입력 방식에 맞도록 입력하였으며 입력한 데이터는 표 4에 나타내었다.

#### 6.1.2 시뮬레이션 변수

TRNSYS의 Simulation Studio를 사용하여 그림 5와 같이 지열히트펌프시스템과 기존 건물의 냉난방시스템의 컴포넌트를 연결시킨 통합 시뮬레이션을 위한 모델을 구성한 것이다. 수직형 지중열교환기는 Type 557a, 기상 데이터는 대전지역 20년 월평균 외기온도 및 일사량을 근거로 Type 16a : Solar Radiation Processor, Type 69b, Type 9c(Data Reader For Generic Data Files)를 각각 사용하여 생성하였다. 대상건물의 공조공간은 Multi-zone

building Type56을 사용하였다. 본 연구에 사용한 히트펌프 제원과 지중열교환기 사양은 [2,3]의을 참고하였으며, 또한 시뮬레이션에 사용된 전 컴포넌트 types는 표 4와 같다.

표 4. TRNSYS의 컴포넌트의 types  
Table 4. Component types of TRNSYS

Parameters	Components
Weather data	Type 16a : Solar Radiation Processor-Total Horizontal Only Known Type 9c :Data Reader For Generic Data Files Type 69b :Effective sky temperature for long-wave radiation exchange Type 33f : Psychrometrics-Dry Bulb and Wet Bulb Temperatures Known
Two vertical borehole heat exchangers	Type 557a : Vertical U-Tube Ground Heat Exchanger
Buffer tank	Type 60h : Storage Tank; Fixed Inlets, Non-Uniform Losses
GSHP	Type 919 : Water Source Heat Pump Model - Normalized Performance
Constant speed pump	Type 114: Single Speed Pump
Simple buried pipe	Type 592-auto : Buried Pipe Model (Noded)
Ground temperature	Type 77 : Soil Temperature Profile
Load profile	Type56 : Multi-Zone Building

#### 6.1.3 지열원히트펌프의 설계

지열원히트펌프의 용량은 하절기 최대부하를 기준으로 설계를 하였다. 하절기 최대부하는 970RT이며 천공깊이를 300m로 할 경우 약 190개의 천공이 필요하다.

또한 우리나라 에너지관리공단에서는 지열을 이용한 냉난방 시스템을 건물에 시공할 경우 연면적 3000m<sup>2</sup> 이



상이 되는 모든 건축물은 의무적으로 시험천공을 통해 지중 150m의 토양의 특징, 지중온도 등을 측정하도록 의무화 하고 있다. 그러나 본 논문에서는 지중열 및 지중의 토양특성을 선행연구의 내용을 참조하여 활용하였다[14].

## 6.2 에너지절약을 위한 에너지성능해석

### 6.2.1 난방에너지 절감효과

직회식 흡수식 냉동기 및 보일러에 의한 난방시스템을 지열원 냉난방 시스템으로 교체할 경우 예상되는 난방에너지 절감효과를 분석하였다. 지열원 히트펌프 시스템은 크게 지중열교환기와 히트펌프 사이의 1차측과 히트펌프와 실내시스템과의 연결 부분은 2차측으로 구분된다. 1차측과 2차측의 열매로 물을 사용하는 시스템을 수대수 방식이라 하며, 1차측은 물, 2차측은 냉매를 사용하는 방식을 수대 공기방식이라 정의한다. 수대수방식의 지열원 시스템은 1차측, 2차측에 물을 사용하기 때문에 반송용 에너지 소비량이 많고 수온상승에 한계를 가지고 있으며, 건물내부에 배관설비 비용이 고가이기 때문에 최근에는 거의 사용되지 않는 시스템이다. 반면 수대 공기방식은 에너지관리공단에서 고효율제품으로 인증 받은 제품이 대기업을 중심으로 생산되기 때문에 효율이 크게 향상되었을 뿐만 아니라 2차측에 냉매를 사용하기 때문에 반송용 에너지 소비량이 없는 장점이 있다. 본 논문에서는 지열원 냉난방시스템으로 물대공기방식을 적용하였으며 난방용 COP와 냉방용 COP를 각각 3.7, 3.5로 적용하였다. 아래 그림 9는 지열원 냉난방시스템을 적용한 후 난방에너지 절감량을 그래프로 도식화하여 나타내었다. 분석결과 난방에너지 절감량은 약 30%에 해당하며 전체 에너지 절감량의 5.2%에 해당한다.

### 6.2.2 냉방에너지 절감효과

아래 그림 10는 지열원 냉난방시스템을 적용한 후 냉방에너지 절감량을 그래프로 도식화하여 나타내었다.

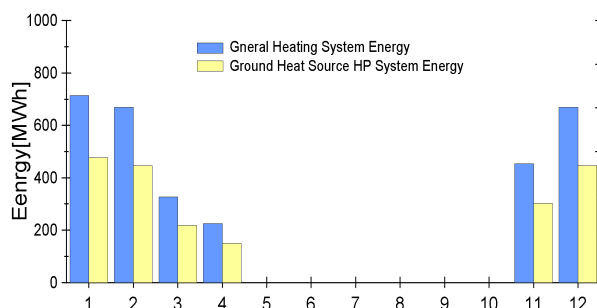


그림 9. 난방에너지 절감량 분석  
Fig. 9. Analysis of heating energy saving

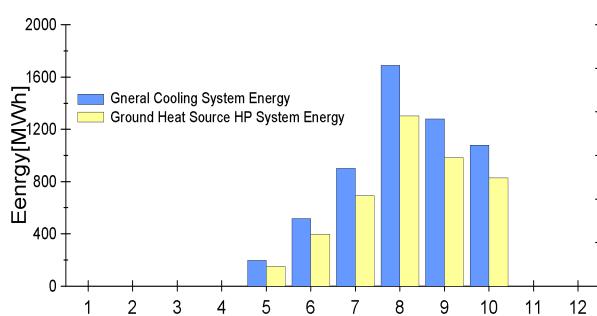


그림 10. 지열원 냉난방 시스템을 적용한 후 냉방에너지 절감량 분석  
Fig. 10. Analysis of cooling energy saving

다. 분석결과 냉방에너지 절감량은 약 18%에 해당하며 전체 에너지 절감량의 9.7%에 해당한다.

## 7. 결 론

대전에 소재하고 있는 대형쇼핑매장의 실제 사용량 조사 및 시뮬레이션에 의해 에너지 소비원별로 에너지 사용량을 분석한 결과는 아래와 같이 요약할 수 있다.

- (1) 대형쇼핑매장의 경우 냉방에 사용되는 에너지가 전체 소비에너지의 32%로 가장 높게 나타났으며, 난방용, 조명용, 수송용, 장비 콘센트용, 환기용, 위생 및 급탕용으로 소비되고 있는 것으로 분석되었다.
- (2) 대형쇼핑매장의 경우 난방에너지보다 냉방에너지 소비량이 약 1.85배 많이 소비되는 것으로 분석되었다.

- (3) 전체 사용에너지 중 난방 및 냉방에너지를 제외한 기초운영에너지가 총 에너지 소비량의 50%를 차지하는 것으로 분석되었으며 이는 신재생에너지의 사용하면 효과적인 에너지 절약방법이 될 수 있음을 알 수 있다.
- (4) 대형쇼핑매장은 공조를 하는 매장의 면적보다 주차장과 수송승강설비와 같은 부대시설이 차지하는 공간이 넓기 때문에 공조공간의 면적으로 총에너지 사용량을 나눌 경우 단위면적당 에너지 사용량은 약 500kWh/m<sup>2</sup>yr에 해당한다. 이 값은 일반 사무소 건축물의 2배에 해당한다.
- (5) 지열원 냉난방시스템을 적용할 경우 난방에너지의 30%정도 절감이 가능하며 이 절감량은 전체 에너지의 5.2%에 해당한다. 냉방에너지는 18% 정도 절감이 가능하며 이 값은 전체에너지의 9.7%에 해당한다.

앞으로 신재생에너지 중심의 하이브리드 에너지시스템을 효과적인 적용하기 위한 자료를 도출하기 위하여 비용 최적화 측면에서 분석할 예정이다.

Acknowledgements

The authors would like to gratefully acknowledge the financial support of KESRI (Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning) under project 2013T100200078.

References

- [1] W.P. Hong, "Analysis of Hybrid Energy Systems of Large Scale Store Using TRNSYS", The Proceeding of KIIE Annual Autumn Conference 2012, pp. 196-197, 2012.
- [2] W.P. Hong, "Economic Analysis and Energy Saving Evaluation for Smart Grid System of Hospital Building", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol.24, No.4, pp.29~139, 2010.

- [3] W. P. Hong, "Energy performance Analysis of Building Microgrid System Including Microturbine," 2009 KIIE Annual Autumn Conference, pp.279-284, 2009. 10.9.
- [4] W. P. Hong, "Analysis of Energy Performance and PMV Improvement by Application of Passive Factor in Office Buildings", KIIE Journal, (to be published).
- [5] KEMCO, "Design criteria for Building Energy Saving 2013". Notification No. 2013-587 of the Ministry of Land and Transportation. Enforcement date 1st, OCT. 2013.
- [6] Framework Act on Low Carbon, Green Growth, Act No 11676(Enforcement date 23, March, 2013).
- [7] Supporting Act on Green Architecture Promotion, Act No 11690(Enforcement date 23, March, 2013).
- [8] Stein, B., et al., "Mechanical and electrical equipment for buildings", John Wiley & Sons, Inc, 2006.
- [9] Park, Cheol-Soo, "Normative Assessment of Technical Building Performance", Journal of Architecture Institute(Planning), Vol.22, No. 11, pp. 337-344, 2006.
- [10] Crawley D.B. & et al., Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs, Ninth International IBPSA Conference Montreal, Canada August 15-18, 2005.
- [11] Tianzhen Hong & et al, "Building simulation: an overview of developments and information sources", Building and Environment Vol. 35, pp. 347-361, 2000.
- [12] Ministry of Land and Transportation & Ministry of Trade, Industry and Energy, "Building Energy Efficiency Rating System", 2013. 5. 16.
- [13] Act on the Promotion of the Development, Use and Diffusion of New and Renewable Energy, Ministry of Trade, Industry and Energy, Act No. 12296, Enforcement date 21, Jan, 2014.
- [14] Klein, S.A. et al. 2009-2012 TRNSYS 16: A Transient System Simulation Program, SEL, University of Wisconsin, Madison USA.
- [15] Lucas Lira, "Hybrid heating and cooling system optimization with TRNSYS", Department of Mechanical Engineering, University of Strathclyde Engineering, 2008.

◇ 저자소개 ◇



홍원표 (洪元杓)

1978년 숭실대 전기공학과 졸업. 1989년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업 (박사). 1979~1993년 한전 전력연구원 선임연구원. 2007~2008년 UBC 방문 교수. 현재 한밭대학교 설비공학과 교수. 본 학회 편수위원장. 주요 연구분야는 필드버스제어네트워크 적용기술. Smart Green Building, Building Microgrid 및 Smart space 구축기술임.