



저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

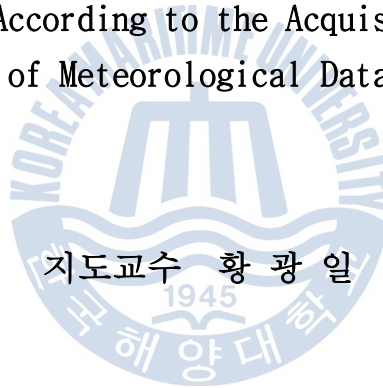
이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#) 

공학석사 학위논문

기상데이터 취득방법에 따른
건물의 냉난방부하 특성 연구

A Study on the Characteristics of Cooling and Heating Loads
of Building According to the Acquisition Methods
of Meteorological Data



2011년 2월

한국해양대학교 대학원

냉 동 공 조 공 학 과
이 지 훈

목 차

| | |
|--------------------------------|-----|
| 그림 목차 | iii |
| 표 목차 | v |
| Abstract | vi |
| | |
| 제1장 서론 | 1 |
| 1.1 연구배경 | 1 |
| 1.2 연구목적 | 3 |
| 1.3 논문 내용 및 구성 | 4 |
| | |
| 제2장 열부하 계산 | 5 |
| 2.1 열부하의 개념 | 5 |
| 2.1.1 열부하의 분류 | 5 |
| 2.1.2 난방부하 | 7 |
| 2.1.3 냉방부하 | 7 |
| 2.2 열부하 해석 이론 | 8 |
| 2.2.1 외벽 또는 지붕을 통한 열전달 | 8 |
| 2.2.2 간벽, 천장, 바닥을 통한 열전달 | 9 |
| 2.2.3 창문을 통한 열전달 | 9 |
| 2.2.4 환기 및 침입공기에 의한 열전달 | 10 |
| 2.2.5 내부 발생 열원에서 의 열전달 | 11 |
| | |
| 제3장 건물에너지 해석 프로그램 | 13 |
| 3.1 해석기법 | 13 |
| 3.1.1 정적해석법 | 13 |
| 3.1.2 동적해석법 | 14 |

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| 3.2 주요 해석 프로그램 | 17 |
| 3.2.1 DOE-2 | 17 |
| 3.2.2 Energy Plus | 18 |
| 3.2.3 ESP-r | 20 |
| 3.2.4 TRNSYS | 24 |
| 3.3 부하산출 방식 | 26 |
| 3.3.1 Energy rate control | 26 |
| 3.3.2 Temperature rate control | 27 |
| | |
| 제4장 대상 건물 시뮬레이션 | 28 |
| 4.1 대상 건물 개요 | 28 |
| 4.2 시뮬레이션 모델링 | 30 |
| 4.2.1 구조체 구성재료 특성 및 구성표 | 34 |
| 4.2.2 시뮬레이션 조건 | 36 |
| 4.3 기상데이터 | 40 |
| 4.3.1 기상데이터 종류 | 40 |
| 4.3.2 직산분리 | 45 |
| 4.3.3 각 기상데이터 비교 | 47 |
| 4.4 시뮬레이션 결과 | 51 |
| 4.4.1 표준기상데이터 적용 | 52 |
| 4.4.2 기상청 데이터 적용 | 54 |
| 4.4.3 냉난방부하 차이 | 63 |
| | |
| 제5장 결론 | 65 |
| | |
| 참 고 문 헌 | 67 |

그림 목차

| | |
|--|----|
| <그림 2.1> Sensible and latent load | 6 |
| <그림 2.2> Cooling and heating load | 6 |
| <그림 3.1> Structure of EnergyPlus | 19 |
| <그림 3.2> Total simulation manager | 19 |
| <그림 3.3> ESP-r 사용 예 | 21 |
| <그림 3.4> ESP-r Project Manager 및 기본 화면 구성 | 21 |
| <그림 3.5> IIsiBat (linked module for simulation) | 25 |
| <그림 3.6> PreBID (the interface for building description) | 25 |
| <그림 4.1> 시뮬레이션 대상 건물 | 28 |
| <그림 4.2> 후생복지관 | 30 |
| <그림 4.3> 후생복지관 1층 | 31 |
| <그림 4.4> 후생복지관 2층 | 31 |
| <그림 4.5> 후생복지관 3층 | 32 |
| <그림 4.6> 후생복지관 4층 | 32 |
| <그림 4.7> 후생복지관 5층 | 33 |
| <그림 4.8> Weather Station Vantage Pro 실외기 | 43 |
| <그림 4.9> Weather Station Vantage Pro Console | 43 |
| <그림 4.10> 3가지 기상데이터의 건구온도 비교 | 47 |
| <그림 4.11> 3가지 기상데이터의 상대습도 비교 | 48 |
| <그림 4.12> 3가지 기상데이터의 일사량 비교 | 48 |
| <그림 4.13> 3가지 기상데이터의 난방부하 비교 | 49 |
| <그림 4.14> 여름철(7~8월) 표준기상데이터와 기상청데이터의 평균온도 비교 | 50 |
| <그림 4.15> 겨울철(12~2월) 표준기상데이터와 기상청데이터의 평균온도 비교 | 50 |
| <그림 4.16> 표준기상데이터 이용한 시각별 냉난방부하 | 52 |

| | |
|--|----|
| <그림 4.17> 2006년도 기상청 데이터 이용한 시각별 냉난방부하 | 54 |
| <그림 4.18> 2007년도 기상청 데이터 이용한 시각별 냉난방부하 | 56 |
| <그림 4.19> 2008년도 기상청 데이터 이용한 시각별 냉난방부하 | 58 |
| <그림 4.20> 2009년도 기상청 데이터 이용한 시각별 냉난방부하 | 60 |
| <그림 4.21> 연간 냉방부하 비교 | 62 |
| <그림 4.22> 연간 난방부하 비교 | 63 |



표 목차

| | |
|--|----|
| <표 1.1> 부문별 최종에너지 수요 (단위 : 백만 TOE, ()안은 구성비 %) | 3 |
| <표 4.1> 현장개요 (전체) | 29 |
| <표 4.2> 구조체 구성 재료 특성 | 34 |
| <표 4.3> 구조체 구성표 | 35 |
| <표 4.4> 인체에서의 발생 열량[kcal/h·인] | 36 |
| <표 4.5> 조도와 실의 단위면적당 소비전력[w/m ²] | 37 |
| <표 4.6> 재실자 패턴[명 | 38 |
| <표 4.7> 조명기기 패턴[w/m ²] | 38 |
| <표 4.8> 발열기기 패턴[kW] | 39 |
| <표 4.9> 실내 설정온도 | 39 |
| <표 4.10> Weather Station Vantage Pro 사양 | 44 |
| <표 4.11> 해석 대상 공간 | 51 |
| <표 4.12> 표준기상데이터 이용한 해석 대상 공간별 냉난방부하 | 53 |
| <표 4.13> 2006년도 기상청 데이터 이용한 해석 대상 공간별 냉난방부하 | 55 |
| <표 4.14> 2007년도 기상청 데이터 이용한 해석 대상 공간별 냉난방부하 | 57 |
| <표 4.15> 2008년도 기상청 데이터 이용한 해석 대상 공간별 냉난방부하 | 59 |
| <표 4.16> 2009년도 기상청 데이터 이용한 해석 대상 공간별 냉난방부하 | 61 |
| <표 4.17> 연간부하와 시간별 최대 부하량 | 64 |
| <표 4.18> 최대부하계산에 의한 냉난방기 상당가동 시간 | 64 |

A Study on the Characteristics of Cooling and Heating Loads of Building According to the Acquisition Methods of Meteorological Data

Ji-hun, Lee

Department of Refrigeration and Air-Conditioning Engineering
Graduate School of Korea Maritime University

Abstract

As the buildings are consuming about 26 percent of the total national energy consumption amounts annually, the research on the energy saving technology for buildings will be very significant matter.

In this thesis, in order to apply the energy saving policy on the step of the onset of building construction, the characteristics of cooling and heating loads of building according to the acquisition methods of meteorological data are analysed by using the commercial simulation program of Esp-r.

For evaluating energy performance in the simulation program, the meteorological data is one of an important variables. As the current typical meteorological data in Korea does not consider the recent 5 year climate changes, it is necessary to compensate.

The purpose of this research is to compare the cooling and heating loads between the typical meteorological data and the actual measured

one.

To get the actual meteorological data, the temperature, humidity, and amount of solar radiation for the five-storied building with 1,665m² of building area was measured.

The actual measured meteorological data, the data of Korea Meteorological Administration, and the typical meteorological data were compared and the result showed that the Korea Meteorological Administration data was the same as the actual measured meteorological data.

The Korea Meteorological Administration data, therefore, could be used to evaluate the cooling and heating loads of all the buildings.

When the typical meteorological data is applied to the program that is obtained 30,369kWh as the cooling load and 86,049kWh as the heating load. Also 28,477kWh, 95,913kWh for the cooling and heating loads in 2006 and 24,121kWh, 74,677kWh for the cooling and heating loads in 2007 and 26,357kWh, 94,150kWh for the cooling and heating loads in 2008 and 20,026kWh, 89,199kWh for the cooling and heating loads in 2009 are obtained by the Korea Meteorological Administration data.

Consequently, by surveying the typical meteorological data and the Korea Meteorological Administration data from 2006 to 2009, the simulation program can be draw the cooling and heating loads.

Also, to assume a operating time of a building's air conditioning system in summer and winter season, it can be calculated to operate ratio of the system by using Maximum load calculation method.

제 1 장 서 론

1.1 연구 배경

유럽연합국가(EU)에서 건물분야에 소비되는 에너지량은 전체 에너지소비량의 40% 이상을 차지하고 있다. 오늘날 건물의 선진화 및 자동화와 더불어 쾌적한 환경에 대한 요구 증가로 건물에너지 사용량은 지속적으로 증가하고 있는 추세이기 때문에 이산화탄소 배출량도 함께 꾸준히 증가할 것으로 유럽연합국가(EU)는 전망하고 있다.

우리나라의 에너지소비 패턴 또한 EU와 비슷한 양상을 보여주고 있는데, 1995년도를 기준으로 가정 및 상업 부문(건설부문)의 에너지 총소비량은 31.8 백만 TOE이며 국가 전체 에너지의 26%를 차지, 이 중 가정용으로 21.9백만 TOE이며, 상업용으로 9.9 백만 TOE를 소비한 것으로 집계되었다. 이를 단위 면적당 연간 에너지소비량인 원단위로 환산하면 가정용이 $308.8\text{Mcal/m}^2\cdot\text{year}$ 이며, 상업용은 $265.2\text{Mcal/m}^2\cdot\text{year}$ 이다.

2020년 건물부문 에너지 소비량은 1995년에 비하여 약 2배 증가한 60.9백만 TOE에 이를 전망이다, 최종 에너지수요에서 차지하는 비율은 26.3%로 1995년과 동일한 수준으로 유지할 것으로 전망된다. 가정부문의 경우, 인구 증가율은 둔화되지만, 주택 및 가전기기 보급률이 포화수준에 근접해 가면서 총 에너지 소비에서의 비중도 1.7배 이상 증가할 것으로 전망된다.

상업 기타 부문에서는 3차 서비스산업의 상대적인 성장에 따라 다른 부문을 상회하는 가장 높은 증가를 보여 에너지소비량이 약 2.4배 증가 할 것으로 보인다.

<표 1.1>은 부문별 최종에너지 수요를 나타낸 것으로 우리나라의 2020년 총에너지 사용량은 1995년 대비 약 1.9배 증가할 전망이다.

<표 1.1> 부문별 최종에너지 수요 (단위 : 백만 TOE, ()안은 구성비 %)

| 년도 | | 1995 | 2000 | 2010 | 2020 |
|------|------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| 산업부문 | | 62.9 (51.6) | 73.8 (51.3) | 92.7 (48.5) | 111.6 (48.2) |
| 수송부문 | | 27.1 (22.3) | 33.2 (23.1) | 50.2 (26.2) | 58.8 (25.4) |
| 건물부문 | 가정부문 | 21.9 (18) | 25 (17.4) | 31.1 (16.3) | 37.5 (16.2) |
| | 상업 공공기타 | 9.9 (8.1) | 11.9 (8.3) | 17.3 (9.1) | 23.4 (10.1) |
| 합계 | | 121.9 | 144 | 191.4 | 231.3 |

주) 국무조정실, 기후변화협약 대응 종합대책, 19923

대부분의 유럽 등 선진 국가에서는 건물분야에서의 에너지 소비량 저감문제와 더불어 눈앞의 현실로 다가온 지구 온난화 방지 및 온실가스 배출 저감 문제를 매우 중요한 국가에너지 정책의 하나로 인식하고 있다.

이를 반영하듯이 최근 선진각국에서 건축법과는 별도로 운영되던 건물 에너지 성능 인증 제도를 건축물 에너지 절약 규정과 직접적으로 연계하면서 강화해나가고 있으며, 기존의 자발적인 권장제도에서 의무적으로 지켜야할 강제 규정으로 전환하고 있다.

유럽연합 등 선진국과 마찬가지로 우리나라도 건물부분에 있어서 미래에 지속저그로 증가하게 될 에너지수요와 기후변화협약에 적절하게 대응하기 위하여 에너지 수요를 효율적으로 평가하고 관리할 수 있는 제도가 필요하다.

건물 에너지 절약을 위한 제도의 합리적인 시행을 위해서는 건물의 에너지 성능 목표치를 설정하고 이러한 목표치에 부합한 에너지 절약형 건물이 국가적 차원에서 다량으로 보급이 이루어질 수 있도록 제도적 뒷받침이 필요하다.

또한 건물주에서 건물에 대한 에너지 절약의 중요성을 인식시키고 에너지절약의 의지를 고취시켜 에너지 절약 공법의 채택과 에너지 절약 설비의 도입 등을 유도할 수 있는 방안으로는 외기의 기상조건에 따라 발생하는 열부하의 변화를 파악 할 필요가 있으며 건물의 설계 단계에서 시스템의 용량 선정이나 1

년 또는 일정 기간 동안의 에너지 소비량을 예측하고 건물 운영에 필요한 에너지 비용을 산출하기 위해 건물의 냉난방부하계산이 필요하다.

선진 각국에서는 1년 또는 일정 기간 동안의 부하량을 계산하기 위한 방안으로 컴퓨터를 이용한 부하계산법이 개발되어 보급하고 있으며, 건축설계 및 설비설계 과정에서 에너지소비량을 정량적으로 계산, 분석하고 있다. 우리나라에서도 현재 이와 같은 연구 및 기술개발에 많은 관심을 가지고 우리 실정에 맞는 컴퓨터 프로그램 개발에 대한 연구를 활발히 진행하고 있다.

이런 부하계산 시뮬레이션 프로그램을 실행하기 위해서는 입력데이터로서 외기 기상 데이터를 필요로 하는데 이는 건물에너지 성능평가용 시뮬레이션 분야에서 결과에 영향을 미치는 기초적인 입력데이터를 말한다. 현재 대부분 부하 계산 프로그램이 요구하는 기상파일의 수준은 1년에 대한 시간별 기상데이터의 형식이며 각 프로그램에 따라 약간의 차이는 있지만 대부분 거의 동일한 기상항목을 요구하고 있다. 건물에너지 성능평가를 수행하는 목적이 대부분 다양한 시스템 또는 설계 대안에 대한 의사결정이기 때문에 장기간의 측정데이터에 근거하고 그 지역기후를 대표할 수 있는 표준기상데이터가 제공된다.

1.2 연구 목적

본 논문의 목적은 표준기상데이터와 실측 데이터 그리고 기상청 데이터를 건물 에너지 해석 프로그램에 입력함으로써 나타난 냉난방부하 특성을 비교 분석하는 것이다.

1.3 논문의 내용 및 구성

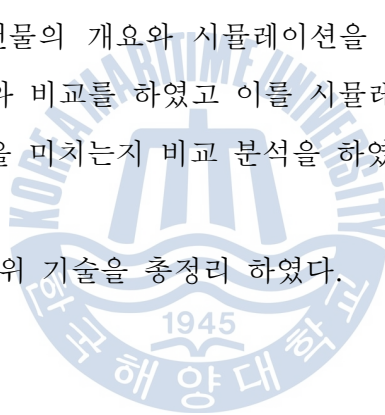
본 논문은 총 5장으로 구성되어 있고 1장은 서론으로 연구배경, 연구목적, 논문의 내용 및 구성에 대하여 소개한다.

2장은 이론 연구로 열 부하에 대한 개념과 분류 그리고 구조체를 통한 열전달 소개하였다.

3장도 이론 연구로서 건물 에너지 해석 프로그램의 종류와 각 프로그램에 대한 설명 그리고 해석기법, 부하산출방식에 대하여 소개하였다.

4장은 모델링 대상 건물의 개요와 시뮬레이션을 하기위한 조건 그리고 각 기상데이터에 대해 소개와 비교를 하였고 이를 시뮬레이션에 적용하였을 때 냉난방부하에 어떠한 영향을 미치는지 비교 분석을 하였다.

5장은 결론 부분으로 위 기술을 총정리 하였다.



제 2장 열 부하 계산

2.1 열부하의 개념

열부하의 계산 방법은 크게 최대부하 계산과 기간부하 계산으로 나눌 수 있는데 최대 부하 계산은 공조 설비에 필요한 장치 용량을 결정하기 위한 최대 부하를 계산할 목적으로 특정한 날 또는 시각에 대하여 계산하는 것으로, 일반적으로 필요한 표나 계산양식을 이용하여 수계산 또는 컴퓨터로서 수행한다. 여기서 계산된 결과를 기초로 하여 송풍량이나 장치 용량을 결정한다.

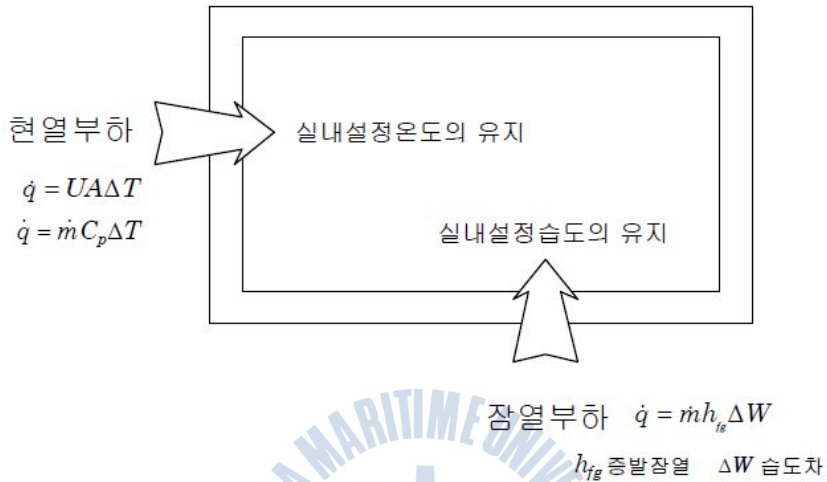
기간부하 계산이란 어떤 기간 또는 1년간을 통하여 모든 시간의 부하를 계산하는 것이며, 이것을 이용하여 부하량 변화에 대응하는 합리적인 공조방식을 계획하거나 또는 기간 및 연간 운전비와 에너지 소비량을 산출하는 기초로 한다. 이러한 기간 열 부하를 계산하기 위하여 최근 여러 가지 방법이 연구되어 실용화되고 있으며, 통계에 의한 방법으로 냉·난방도일법, 확장 도일법, 빈 법 등과 매시간 에너지 소비량을 산출하는 동적 열부하 계산법으로 대별할 수 있다.

2.1.1 열부하의 분류

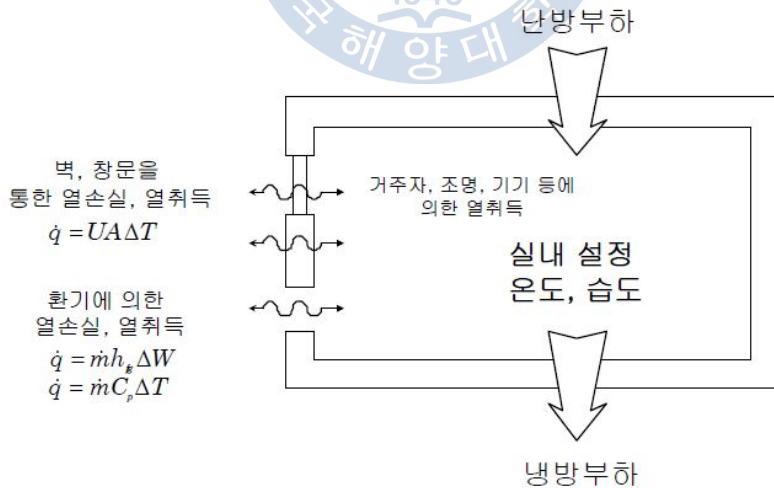
건물의 실내를 일정한 온도 및 습도로 유지하기 위해서는 그 실내공간에서 취득한 열량 및 수분을 제거하거나 손실된 열량 및 수분을 공급해 주어야 한다. 이와 같이 실내온도를 상승 또는 하강시키는 열량을 현열부하(sensible heat load)라 하고, 실내습도를 상승 또는 하강시키는 수분량을 열량으로 환산하여 잠열부하(latent heat load)라 하여, 이들 열부하는 단위시간당 열량으로 표시되고, 공조장치의 각 기기의 용량을 결정하는 설계 기초가 된다<그림 2.1>.

실내에서 발생하는 부하 외에 실외에서 도입되는 외기를 실내온도와 실내습

도 상태로 만들기 위한 열량, 송풍기로부터의 동력열, 덕트에서의 침입열과 공기누설로 인한 손실열 등을 더한 것이 공조기에 걸리는 부하이며 이것을 일반적으로 냉방부하, 난방부하라고 하며 <그림 2.2>에 개념적으로 나타내었다.



<그림 2.1> Sensible and latent load



<그림 2.2> Cooling and heating load

2.1.2 난방부하

난방시스템은 난방공간에 대한 예상열손실을 미리 결정한 후 이를 처리할 수 있는 적절한 용량을 갖도록 설계하여야 한다. 열손실은 크게 두 종류로 나눌 수 있다.

첫째로 벽, 천장, 바닥, 창문 또는 그 외의 표면을 통하여 전달되는 열과, 둘째로는 공간 내부로 흡입되는 외부공기를 가열하는 데 필요한 열로 구분한다.

외기온도, 풍속 및 태양광 등은 시간에 따라 계속해서 변하므로 실제의 열손실은 비정상상태의 문제로 보아야 한다. 뒤에서 취급하게 되는 전달함수법은 태양열의 복사, 외기온도 그리고 건물의 에너지 저장능력 등의 변화를 고려한 것으로서 동계조건하에서도 적용할 수 있다. 하지만 가장 추운 달에 구름, 폭풍우가 계속된다면 외기온도의 변화는 상대적으로 미미하게 나타날 것이다. 이러한 조건하에서는 공간으로부터의 열손실은 상대적으로 일정하고, 내부 열취득이 없는 이른 아침에 절정에 이르게 된다. 그러므로 설계를 위한 열손실의 측정은 정상상태 열전달이 발생하는 것으로 가정할 수 있는 이른 아침에 실시한다. 비정상상태 해석은 구조물에서 요구되는 에너지 소요량을 계산하기 위한 시뮬레이션 연구에 적용되며 태양열의 영향과 내부 열취득을 고려하여야 한다.

2.1.3 냉방부하

냉방부하는 설계치로 일정한 온도와 습도를 유지하기 위하여 공간에서 제거되어야 할 에너지량이다. 냉방부하와 열취득의 다른 이유는 열린 공간을 통하여 직접 들어오는 태양열뿐만 아니라 벽의 안쪽 면과 내부 사물에서의 복사가 직접 공간 내부의 공기를 가열하지 않기 때문이다. 이 복사에너지는 대부분 마루, 내부 벽, 가구 등에 의하여 흡수되어, 실내의 공기온도보다 더 높은 온도에도달할 때 대류에 의하여 냉각되기 시작한다. 실내의 공기가 대류에 의하여 에

너지를 받을 때만 이 에너지는 냉방부하의 일부분이 되는 것이다.

구조물과 내부 사물들의 열저장 특성이 열지연을 결정하게 되며, 따라서 열 취득과 냉방부하 사이의 관계식을 결정한다. 이러한 이유 때문에 구조물의 열적 질량과 내용물이 반드시 고려되어야 한다. 열지연으로 인한 최대 냉방부하의 감소는 냉방장치의 크기를 결정하는 데 매우 중요하다.

2.2 열부하 해석 이론

2.2.1 외벽 또는 지붕을 통한 열전달

외벽 및 지붕을 통한 열전달량은 다음 식과 같이 전도전달함수(Conduction Transfer Function, CTF)를 사용하여 계산한다.

$$q_{e,\theta} = A \left[\sum_{n=0} b_n (t_{e,\theta-n\lambda}) - \sum_{n=1} d_n \left\{ (q_{e,\theta-n\lambda}) / A - t_{rc} \sum_{n=0} c_n \right\} \right] \quad \dots \quad (2.1)$$

$q_{e,\theta}$: 벽 또는 지붕을 통한 열전달량

A : 벽, 지붕의 실내표면적 (m^2)

θ : 시각 (hour)

λ : 시간 간격 (hour)

n : 합산을 위한 지수

$t_{e,\theta-n\lambda}$: 시간 $\theta-n\lambda$ 일 때의 상당외기온도($^{\circ}C$)

t_{rc} : 실내온도($^{\circ}C$)

b_n, c_n, d_n : 전도응답계수 (CTF계수)

2.2.2 간벽, 천장, 바닥을 통한 열전달

간벽을 통한 열전달은 다음 두 가지로 고려하여 계산할 수 있다. 해당 존이 온도변화가 있는 다른 존과 인접하였을 경우에는 간벽, 천장, 바닥의 축열효과를 고려하여 위의 식(2.1)에 따라 계산한다. 인접존과 온도가 동일하거나 인접존과 해당존의 온도차이에 비해 인접존의 온도변화가 작은 경우에는 다음과 같이 단순 정상상태로 가정하여 계산한다.

$$q_{p,\theta} = U \cdot A \cdot (t_b - t_{rc}) \dots\dots\dots (2.2)$$

U : 인접존과 해당존 사이의 열관류율($W/m^2\text{°C}$)

A : 면적 (m^2)

t_b : 인접존의 실온(°C)

t_{rc} : 실내온도(°C)

2.2.3 창문을 통한 열전달

창문을 통한 열획득은 전도에 의한 열획득과 투과 및 흡수를 통한 일사열획득으로 나누어 계산한다. 즉 「 창을 통한 열획득 = 전도열획득 + 일사열획득 」으로 분리하여 구하게 된다.

이 중 전도열획득 (q_{cond})은

$$q_{cond} = U_w \cdot A_w \cdot (t_o - t_i) \dots\dots\dots (2.3)$$

U_w : 창문의 열관류율($W/m^2\text{°C}$)

A_w : 창문의 면적(m^2)

t_o : 외기온도(°C)

t_i : 해당존의 실온(℃)

일사열 획득의 계산은 차폐계수를 이용하여 창문을 통한 일사획득량을 산정한다.

$$q_{sol} = A_w \cdot (SHGF) \cdot SC \dots\dots\dots (2.4)$$

$SHGF$: 태양열 획득계수 (Solar Heat Gain Factor)

SC : 차폐계수 (Shading Coefficient)

여기서 차폐계수는 태양열취득을 간편하게 계산하기 위하여 사용하는 값으로서 $SC = \frac{\text{차양장치를 한 경우의 태양열취득}}{\text{차양장치가 없는 상태에서의 태양열취득}}$ 로 정의된다. 각 유리의 조합이나 차단 장치에 따라 차폐계수는 달라지며 1에 가까운 값일수록 많은 태양열을 취득함을 의미한다.

2.2.4 환기 및 침입공기에 의한 열전달

환기 및 침입공기에 의한 현열획득 (q_s)은

$$q_s = 1.23 \cdot Q_s \cdot \Delta t \dots\dots\dots (2.5)$$

Q_s : 풍량 (m^3/h)

Δt : 실내외 온도차(℃)

환기 및 침입공기에 의한 잠열획득 (q_l)은

$$q_t = 3010 \cdot Q_s \cdot \Delta W \dots\dots\dots (2.6)$$

Q_s : 풍량 (m^3/h)

ΔW : 실내외 절대습도차 (kg/kg')

2.2.5 내부 발생 열원에서의 열전달

존 내부의 열원으로는 인체, 조명, 기기에 의한 발열 등을 들 수 있다. 인체에 의한 열획득은 현열(q_{sp})과 잠열(q_{lp})로 구분되며, 잠열획득은 순간적인 열획득으로 간주한다.

$$q_{sp} = n_{peop} \cdot (SHG)_{sp} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$q_{lp} = n_{peop} \cdot (LHG)_{lp} \dots\dots\dots (2.8)$$

n_{peop} : 존의 사람수(명)

$(SHG)_{sp}$: 1인당 현열획득량($W/people$)

$(LHG)_{lp}$: 1인당 잠열획득량($W/people$)

조명에 의한 열획득(q_{el})은 현열 대류성분과 현열 복사성분으로 구분은 고려할 필요가 없다.

$$q_{el} = W \cdot F_{ul} \cdot F_{sa} \dots\dots\dots (2.9)$$

W : 조명투입 에너지(W)

F_{ul} : 조명사용계수 (use factor)

F_{sa} : 기타 고려계수

부하계산시 기구, 전기, 가스, 스팀으로부터의 열획득을 고려해야 하며 다양한 기구사용, 이용자 스케줄 등으로 인해 부하계산시 주관적인 요소가 많이 적용될 수있다. 기기에 의한 열획득은 현열 대류성분, 현열 복사성분, 잠열 성분으로 구분된다.



제 3장 건물 에너지 해석 프로그램

건물의 열부하 계산방법으로는 난방부하와 냉방부하의 각각에 대하여 연감을 통해 기후에 따라 끊임없이 변화하는 일정 기간동안의 부하를 계산하는 기간부하계산법과 특정시간대의 최대부하를 계산하는 최대부하계산법이 있다. 먼저 기간부하는 합리적인 공조설비의 계획과 연간 운전비를 산출하기 위해 각 지역별 난방도일 또는 표준기상자료를 사용하여 계절 또는 1년 동안에 발생하는 총 부하를 의미한다. 최대부하는 공조설비의 용량을 결정하기 위해 연중 가장 추운 날 또는 더운 날로 가정된 외기온도를 이용하여 계산한다. 여기서는 건물 에너지의 산정을 위한 다양한 해석기법을 분류하고 대표적인 해석 프로그램을 소개한다.

3.1 해석기법

3.1.1 정적 해석법

정적 해석법에서는 실내외 조건을 정상상태로 가정하여 건물에서의 열이동을 계산하게 된다. 많은 방법이 있으나 기본적인 몇 가지 방식에 대해서만 간략하게 소개한다.

(1) 냉난방도일법(Degree-day method)

에너지 소비량이 추정기간 중의 도일에 비례한다는 것을 나타내는 장기간의 평균치 개념으로 경험적인 방법에 기초하고 있어 신뢰성을 확보하기 힘들다.

(2) 전부하상당시간법(Equivalent full load hours method)

최대부하시 용량에 의해 연간부하를 처리할 수 있는 운전시간 및 에너지소비량을 계산하는 방법으로 시스템의 종류와 운전조건을 고려하기에는 한계가 있다.

(3) 수정빈법(Modified BIN method)

종래의 빈법에 평균부하 또는 다변부하(diversified load)의 개념을 도입한다. 태양 열취득과 내부 발생열을 기상조건과 발생 정도에 맞도록 가중계산된 평균값을 적용하여 계산하는 방식이다. 또한 냉방부하 계수(cooling load factor)를 사용하여 구조체의 축열성능도 동시에 고려하고 있으며, 정적 해석법 중에서 비교적 정밀한 연간 냉난방부하를 산정하는 방법이다.

3.1.2 동적 해석법

건물의 열부하를 계산할 때 시시각각 변화하는 외기조건을 정상상태로 가정하는것만으로는 실내에서 발생하는 열부하를 정확히 파악하기 어렵다. 즉, 실제로 건물의 실내외 조건은 수시로 변화하는 비정상상태(unsteady state)이기 때문에 정확한 열부하를 계산하기 위해서는 각각의 변화요소들을 시간의 함수로 처리하는 동적 계산이 필요하게 된다.

벽체를 통해서 유출입되는 열량은 결국 에너지 방정식

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{1}{a} \frac{\partial T}{\partial t} \dots\dots\dots (3.1)$$

에 수시로 변화하는 실내외 경계조건을 반영함으로써 정확하게 산출할 수 있게 된다. 이 방정식의 해법에는 라플라스 변환을 통한 해석적인 방법과 차분 등의 수치적인 방법이 있으나 계산량이 방대하므로 어느 쪽도 컴퓨터를 이용하게 된다.

(1) 해석적인 방법

해석적 방식에서 건물의 과도 열전달을 모델링하는 기본적 도구는 전달행렬 방식(transmission matrix method)이다. 시간과 공간에 대해 2차 편미분방정

식 형태로 표현되는 열전도 기본방정식을 라플라스 변환(laplace transformation)을 이용하여 가상공간(real space)에서의 미분방정식이 순수히 대수적 형태로만 처리할 수 있게 된다. 라플라스 공간으로 변환된 기본방정식에 대해 해석적 해를 도출하고 이를 행렬식 형태로 표현하면 출력과 입력 및 전달행렬로 정리된다. 이 때, 전달행렬내의 각 원소를 전달함수(transfer function)라 하며 벽체재료의 두께와 물리적 특성에 의해 결정된다. 경계 조건에 따라 행렬식 각 요소의 재배치가 가능한데 예를 들어 표면의 열류를 표면온도의 자극에 대한 반응으로 표현하면 시간계(time-domain) 응답함수 형태로 표현된다. 다층 구조벽의 전달행렬은 벽체 각층의 행렬을 곱함으로써 얻을 수 있으며 전체벽체의 열적해석은 단일층의 경우와 동일하게 처리될 수 있다. 가상공간에서 도출된 해는 실공간으로의 역변환(inverse transform)을 통해 실질적인 시스템의 응답을 얻을 수 있으며 이 역변환의 방식에 따라 주기계(frequency-domain)와 시간계(time-domain) 방식으로 구분된다.

Stephenson and Mitalas는 온도를 중첩된 삼각펄스로 변환하고 다층 벽체는 집중 열용량 방식이 아닌 정확한 해석식으로 모델링하는 열응답계수(Thermal Response Factor, 이하 TRFs로 표기)를 개발하였고 다시 이를 개선한 Z전달함수(Z-transfer function)방식을 제시하였다. 전달함수방식의 기본 개념은 현재의 출력은 현재의 입력과 과거시간의 입출력 값들로부터 결정될 수 있다는 것이다. Z전달함수는 열응답계수(TRFs)와 같이 벽체의 열적 성능을 특성화시킨 것이지만 응답계수방식보다 작은 수의 계수가 요구되기 때문에 효율성을 높인 방식이라 할 수 있다. 전달함수는 일반적으로 열전달 방식 중 전도 현상이 주된 성분인 벽체나 지붕을 모델링하는데 이용되며, 이 방식의 가장 중요한 특성은 입력과 출력이 시간축 내에 균일하게 분배된 일련값 형태를 가진다는 것이다.

따라서 외기온, 일사량과 같은 기후데이터를 복잡한 변환 과정 없이 입력값으로 사용할 수 있다. ASHRAE에서는 건물외피성분을 통한 과도열전도를 계산하는 기준방식으로 전달함수법을 채택하였으며 복합된 실내외 열전달계수와 구

성재료의 여러 유형에 따라 전달함수의 계수값을 제시하고 있다. 그러나 이 계수의 응용은 상당의기온과 외표면 열전달계수의 계산조건에 따라 일부 제약을 받으며 전달함수의 기본과정은 다층 벽체를 구성하는 각 층의 재료가 순수한 물질(homogenous)로 구성되며 공간상에 x축 열류만을 가정하는 1차원 열전달만을 고려하고 있다.

현재 국내에서 이용되고 있는 대다수의 동적해석방식이 이 부류에 포함된다. 응답계수법(response factor)과 가중계수법(weighting factor)을 적용한 미국의 DOE-2 및 일본의 HASP, AHSRAE의 전달함수(transfer function)법에 의한 TRNSYS 등이 예이며 최근 국내에서 개발된 동적 시간별 해석 프로그램의 대다수가 여기에 해당한다.

(2) 수치적인 방법

수치적인 방법의 발전은 컴퓨터 산업의 급속한 성장과 관계된다. 유한차분법과 같은 수치해석에 근간을 두고 있으며, 선형 및 비선형 모델을 모두 포함하여 시스템 구성에 유연성이 큰 장점을 가진 반면 요구되는 계산량이 방대하여 비용과 연산 시간면에서 비효율적인 것으로 간주되어 왔다. 그러나 최근의 컴퓨터 환경을 고려할 때 이러한 문제는 더 이상 제약사항이 될 수 없으며 오히려 그 활용범위가 더욱 더 확대되고 있다. 수치해법의 기본개념은 미분방정식을 대수방정식으로 변환시키는 이산화방정식 또는 차분방정식을 수립함으로써 컴퓨터를 이용하여 계산하는 것을 가능하게 하는 것으로, 실험 측정값과 유사하게 한정된 개수의 위치(nodes)에서 해를 구하게 된다.

수치해법의 종류는 이산화 방법에 따라 일반적으로 유한차분법(Finite Difference Method, 이하 FDM으로 표기), 유한요소법(Finite Element Method, 이하 FEM으로 표기) 및 유한체적법(Finite Volume Method, 이하 FVM으로 표기)으로 구분하고 있다.

임의의 물리적 시스템을 표현하기 위해 차분화된 검사체적에 직접 에너지밸런스(energy-balance)를 적용하는 기법이 유한체적법(FVM)이다. 외형상으로

는 FDM과 유사하나 실질적인 알고리즘의 내용은 FEM의 아이디어와 유사하며, FVM에 의한 결과해는 검사체적이 작은 경우라도 항상 에너지 보존 법칙을 만족시킨다.

HAVC이 시뮬레이션을 위해 일부의 구성기기에서는 지배방정식이 미분방정식의 형태로 구성되며, 매 시간간격마다 풀어야 하고, 특히 반복적인 계산이 필요한 경우 수치적인 방법과 조화를 이루게 된다.

ESP-r, BLAST, EnergyPlus가 여기에 포함되며, 해석적인 방법의 장점이 사라지고 있는 상황에서 향후 완전히 대체하게 될 가능성도 충분히 있다.

3.2 주요 해석 프로그램

건물에너지 해석 프로그램이 본격적으로 멀티 존의 해석과 건물외피에서 부터 열원 플랜트까지의 통합적인 해석이 가능해진 형태로 나타난 것은 1970년대 후반부터이며 현재 국내에는 미국의 DOE, TRNSYS, EnergyPlus 및 일본의 HASP, 영국의 IES-VE, ESP-r 등 많은 종류의 동적 건물에너지 해석 프로그램이 도입되어 사용되고 있다. 최근 선진국의 건물에너지 해석 프로그램의 개발 동향은 건물에서 발생하는 복합적인 열 에너지 현상을 보다 실제적이고 정밀하게 해석되도록 하는 것과 과거에는 분리되어 수행되었던 자연채광 및 공기유동해석 등을 하나의 패키지에서 통합화하는 것에 역점을 두고 있다. 이러한 경향은 대용량 고속처리, 그래픽 기능의 강화 등 최근 컴퓨터 기술의 발달과 더불어 더욱 가속화되고 있다.

3.2.1 DOE-2

DOE-2 프로그램은 미국 Lawrence Berkeley Laboratory에서 지속적인 검증과정을 통해 개발되었고 현재 전세계적으로 건물의 에너지 성능 평가를 위해 광범위하게 사용되고 있다. 또한 이 프로그램은 건물의 모든 부분 즉 건물 외

피, 조명, 기계설비 시스템 등을 포함하여 에너지 성능을 평가할 수 있는 도구이다. 시간별로 기록된 표준기상 데이터(TMY, TRY, CTZ, WYEC 등)를 이용하여 건물의 시간별 열성능을 계산하게 된다. 이 프로그램의 데이터 입력시 국제 표준 단위(SI units)를 사용할 수 있고, 이 프로그램은 일반에 자유로이 공개되는 프로그램으로 계산에 사용된 알고리즘을 확인할 수 있는 장점이 있다. 이것은 사용자 스스로 알고리즘을 만들고 기존의 것을 대체하거나 삽입하여 사용하여 사용할 수 있다는 것을 의미한다. 이 프로그램의 또 다른 장점은 반복적인 작업을 줄일 수 있는 매크로와 파라미터를 이용하는 기능이다. 또한 다양한 형태의 결과 보고서를 도출할 수 있는 기능이 있어 결과 분석 목적에 따라 여러 가지 형태의 보고서를 출력할 수 있다.

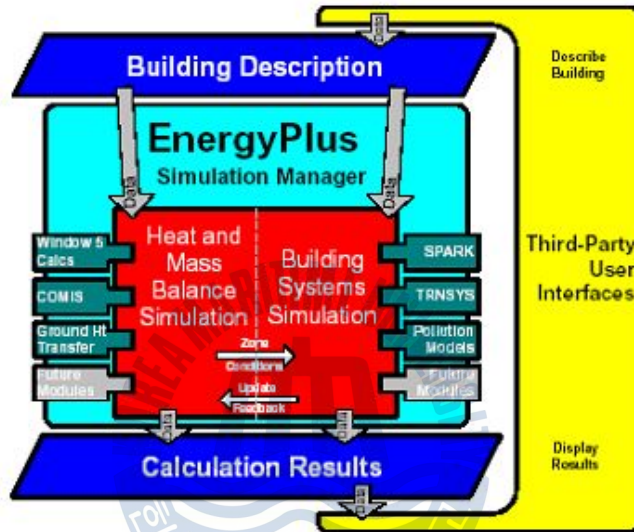
DOE-PLUS, VisualDOE, EZ-DOE 등 다양한 버전이 있지만 해석 알고리즘은 동일하고 데이터 입출력에 해당하는 인터페이스만 다르다. 단점으로 TRNSYS나 EnergyPlus와 달리 시간단계를 사용자가 임의로 조정할 수 없고 차세대 프로그램으로 추진된 EnergyPlus가 출시됨에 따라 사실상 개발이 종료된 상태이다.

3.2.2 EnergyPlus

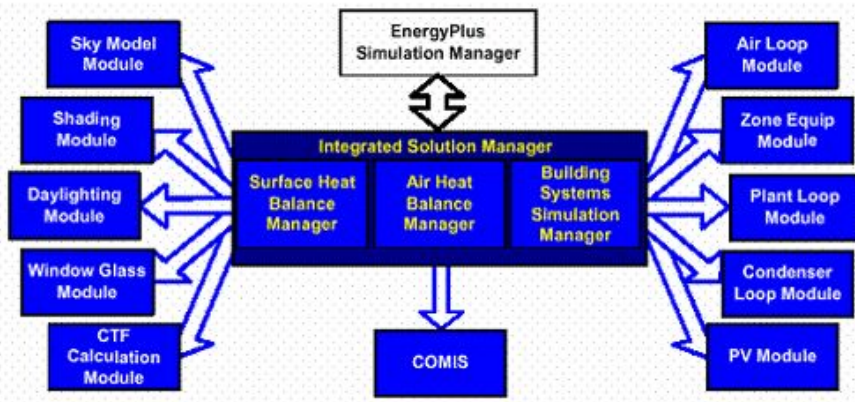
차세대 건물 에너지 시뮬레이션 프로그램으로 개발부터 주목을 받아오던 EnergyPlus가 베타테스트를 완료하고 2001년 4월에 ver. 1로 공식 발표되었다. 개발초기부터 DOE-2와 BLAST의 장점만을 취한 프로그램이다.

<그림 3.1>과 같이 EnergyPlus는 시뮬레이션 엔진이며, 다양한 계층의 사용자가 서로 다른 목적과 용도로 사용할 수 있도록 제3의 개발자가 사용자 인터페이스를 개발하여 제공할 수 있는 방식을 유도하고 있다. 즉 EnergyPlus의 입출력파일은 텍스트형식으로서 다른 개발자가 이 입출력 파일을 구성하기 용이한 구조만을 취하고 있을 뿐이다.

<그림 3.2>에 보인 바와 같이 가장 상위레벨에 위치하는 시뮬레이션 매니저는 사용자가 정한 시간단계로 원하는 기간을 대상으로 모든 시뮬레이션 모듈 사이의 상호작용을 제어하게 된다. 또한 각각의 모듈에게 초기화, 시뮬레이션, 기록의 유지, 결과보고 등을 지시하는 역할을 하며, 모든 개체지향이 될 수 있도록 하고, 손쉽게 추가가 가능하게 된다.



<그림 3.1> Structure of EnergyPlus



<그림 3.2> Total simulation manager

3.2.3 ESP-r

ESP-r(Environmental Systems Performance : r은 research를 의미)은 영국의 글라스고에 위치한 스트라스클라이드 대학의 ESRU(Energy Systems Research Unit)에서 유럽 기준 건물 시뮬레이션 프로그램(European Reference Building Simulation Program)으로 개발되었으며, 현재 세계적으로 60여개 이상의 대학, 연구소, 컨설팅회사에서 사용되고 있으며, <그림 3.3>은 ESP-r의 한 사용 예이다.

ESP-r은 실제 상황을 정밀하게 시뮬레이션하고, 그 정확도는 현행 국제적인 건물에너지 시뮬레이션 분야의 최고 수준을 유지하고 있다. 건물 에너지에 영향을 미치는 모든 요소를 동시에 고려할 수 있도록 되어 있어, ESP-r은 설계자에게 건물의 형상, 외피, 설비와 제어방법 등의 결합에 의해 발생하는 복잡한 관계를 사전에 파악하게 해준다.

또한 ESP-r은 해석하고자 하는 건물의 기하학적 데이터, 건물의 구성재료, 거주자 및 운전관련 설정 자료, 침기(infiltration) 및 실간의 공기 이동 등 자료를 <그림 3.4>의 Project manager라는 틀을 통하여 입력하게 된다. 입력된 자료는 기상조건 변화, 실내환경조건, 플랜트의 종류 및 제어의 방법 등과 연결되어 설정된 시간 단위로 유한체적 및 에너지 보존의 법칙에 의거한 각종 열방정식등에 의해 해석 된다.

ESP-r은 AutoCAD를 포함한 각종 CAD프로그램의 건물 좌표 데이터와 호환이 되며 각 지역의 기상데이터, 건물재료의 물성자료, 각종 설비 등과 관련한 데이터베이스를 풍부하게 구축하고 있으며 해석결과를 그래픽데이터를 중심으로 다양하게 출력하는 기능이 내장되어 있다.

ESP-r은 소형주택에서 아트리움을 가진 대형 상업용 건물 및 실간 공기의 이동을 고려한 에너지 해석 등 광범위한 영역의 건물에너지 해석 프로젝트를 수행할 수 있으며 여러 번의 국제적인 프로그램 검증 프로젝트에서 인정을 받은 바 있다.

최근 더욱 강화된 기능으로는 다른 건물 환경관련 프로그램과의 호환성의 강화를 들 수가 있다. AutoCAD와 같은 CAD프로그램과의 데이터 호환은 물론, 미국 로렌스버클리 연구소의 Radiance(실내 자연채광 및 조도해석 프로그램), 전산유체해석(CFD)프로그램인 Phoenix와도 상호 입력치의 교환이 가능하도록 개발되어 졌다.

Esp-r의 여러 특징 중 대표적인 몇 가지를 소개하면 다음과 같다.

① Esp-r은 입력 및 출력의 전단계에서 그래픽 지원이 되며, 플랜트나 유체 해석에 따른 네트워크의 설정을 위해서 아이콘화된 그래픽 기능이 제공된다.

② 시뮬레이션 수행에서 요구되는 각종 데이터(건축재료, 플랜트 구성요소, 유리창의 광학적 물성, 풍압계수, 기상 데이터 등)를 온라인 데이터베이스를 통해 제공한다.

③ 전문 사용자들이 프로그램의 기능 확장 또는 정확도를 높이고자할 경우 실험 또는 측정데이터를 이용한 대체 알고리즘 적용이 가능하다. Esp-r은 각 해석모듈의 source code가 기술영역 단위로 분리 제공됨으로 전체 알고리즘의 이해가 없이도 원하는 기능만을 대체하거나 수정하는 것이 가능한 구조로 되어 있다. 즉 연구자가 플랜트의 모델링에 관심을 갖고 있다면 단지 플랜트부분의 source code만을 이해하면 된다.

④ Esp-r은 건물에서 발생하는 열 현상의 해석이 실제 현상과 유사하게 해석될 수 있도록 되어 있으며, 사용자의 의도에 따라 시스템의 설정이 가능한

구조이다. 예를 들어 시스템 운전을 위한 제어알고리즘을 설정할 때 센서의 위치 설정, 동작 및 반응의 프로세스를 설계자의 의도대로 구성할 수 있으며 HVAC설계에 있어서도 임의의 프로세스를 구성하는 것이 가능하다.

⑤ Esp-r은 각 해석모듈이 에너지 보존의 법칙에 근거하여 설정된 시간단위별로 통합 처리하는 구조로 되어 있어 시뮬레이션 과정에서 에너지 및 질량의 흐름이 연속적으로 추적되며 기상의 변화, 건물 거주자의 행위변화, 각종 제어수단의 유체흐름의 변화 등을 고려한 에너지해석이 가능하다.



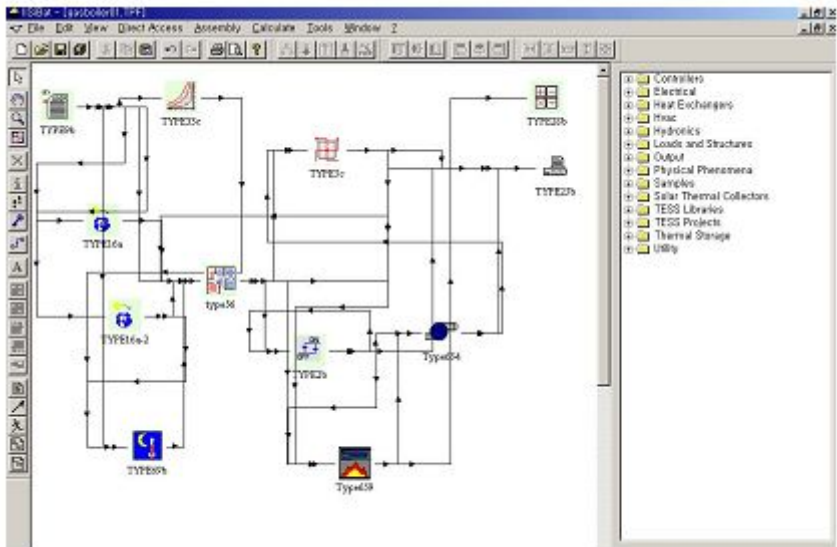
3.2.4 TRNSYS

1975년에 상용 프로그램으로 처음 발표된 TRNSYS(TRaNsient SYstem Simulation)는 지속적인 버전업으로 현재 ver. 15.2에 이르고 있으며 HAVC를 포함한 건물의 종합적인 열에너지 해석이 가능한 수준으로 발전하였다. 이 프로그램은 태양열 시스템의 동적인 시뮬레이션 및 설계를 위한 것이었다. 미국의 Wisconsin대학의 SEL(Solar Energy Lab.)에서 개발되기 시작하였으나, 독일의 Transsolar, 프랑스의 CSTB, 미국의 TESS 등 공동개발그룹의 참여로 세계 각국에서 편리한 사용자 인터페이스와 하위 모듈을 개발하고 있다.

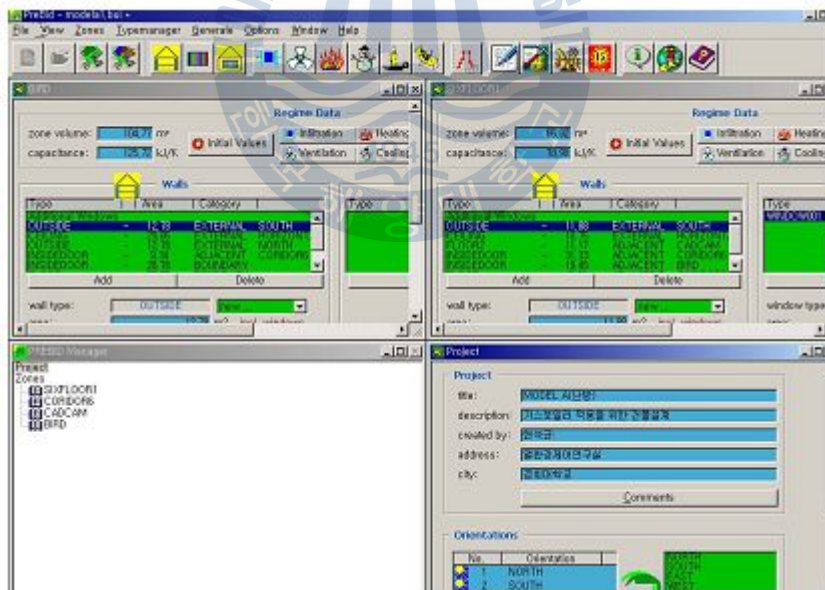
부하측과 HAVC를 포함한 시뮬레이션을 수행하기 위한 그림. 4에 보인 IISiBat(the Intelligence Interface for the Simulation od Building)에서 입력 파일을 만들어야 한다. 연결된 결과는 설비계통의 배관을 연상시키는데, 펌프와 열교환기같이 실제로 그런 경우도 있으나 주로 정보의 흐름을 의미하게 된다.

다중구역으로 구성된 건물(multi-zone building)에 대한 정보 및 데이터를 표현하고 입력하는 것은 대단히 복잡하나 TRNSYS에서는 별도로 제공되는 프로그램인 PreBID<그림 3.6>에 의해 비교적 쉽게 작성할 수 있다.

GUI를 도입하여 Windows에서의 사용환경이 대폭 개선되고 안정화되었으며 해석가능한 설비의 구성요소가 강화되고 있는 추세로, 수치적인 방식을 적용한 프로그램의 등장에도 불구하고 계속적으로 사용자 층을 넓히며 발전하고 있다.



<그림 3.5> IiSiBat (linked module for simulation)



<그림 3.6> PreBID (the interface for building description)

3.3 부하산출방식

동적열부하를 계산하는 경우 설비를 포함시킬 것인지 여부에 따라 energy rate control과 temperature level control로 대변할 수 있다. energy rate control의 경우에는 설비 및 제어 특성과 무관하게 건물 자체만에 의해 열부하가 결정되므로 건물의 열성능을 비교하는데 적합하다. 그러나 여기에 사용되는 냉난방설비는 이상적인 것을 사용하고 있으므로 실제의 열부하와는 차이를 보이게 된다. 반면에 temperature level control의 경우에는 실제 냉난방기에서 공급 혹은 제거할 수 있는 열량이 직접적으로 반영되므로 건물에 설비의 영향이 포함되는 실제 상황의 열부하 및 운전모사가 얻어진다.

3.3.1 Energy rate control

동적 열부하계산과 관련하여 어떤 시간단계에서 실내를 냉난방하지 않은 상태로 두었다고 가정하고 이로부터 외부 열손실로 인해 계산된 실내온도가 설정된 온도범위를 벗어나는 경우 계산된 온도가 설정온도까지 상승(또는 하강)시키는데 필요한 열량을 열부하로 취한다. 이러한 방식으로 실내온도를 유지시키는 제어방식을 energy rate control이라 한다.

$$C_r \frac{dT}{dt} = Q_{surf} + Q_v + Q_{inf} + 0.3Q_{spepl} + Q_{int} + Q_z \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

$$Q_{heating} = MC_p (T_{set} - T_r) \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

C_r : 실내의 열용량 ($C_r = V_r \cdot \rho \cdot c_p = M \cdot c_p$: V_r 실내체적,
 ρ 실내공기밀도, M 실내공기의 총 질량)

T_r : 실내온도

Q_{surf} : 벽체 및 창문을 통한 열손실(열취득)

- Q_v : 환기에 의한 열손실(열취득)
- Q_{inf} : 침입공기에 의한 열손실(열취득)
- Q_{spepl} : 인체발열에 의한 열취득
- Q_{int} : 내부기기발열에 의한 열취득
- Q_z : 인접세대와의 열교환

난방부하량의 산출방법은 식 (3.2)에 의해 구한 현재의 실내온도 T_r 이 설정 온도 T_{set} 보다 낮은 경우 식 (3.3)을 이용하여 설정온도 T_{set} 까지 상승시키는데 필요한 열량 $Q_{heating}$ 을 구할 수 있으며 $Q_{heating}$ 이 난방부하량이 된다.

3.3.2 Temperature level control

이 경우에는 어떤 시간단계에 대해 열원기기(보일러, 열펌프, 태양열, 보조히터, 보조냉동기 등)를 작동시킨다고 생각하고, 열손실량과 열공급량에 대한 열평형식을 세워 이로부터 실내온도를 계산한다.

$$C_r \frac{dT}{dt} = Q_{surf} + Q_v + Q_{inf} + 0.3Q_{spepl} + Q_{int} + Q_z \pm P_i \dots\dots (3.4)$$

P_i : 냉난방기기에서 제거 또는 공급되는 열량

식 (3.3)에 냉난방기기에서 공급 또는 제거되는 열량 P_i 를 포함 시킨 식 (3.4)에 의해 계산된 현재온도 T_r 이 제어기에서 설정된 온도범위 내에 포함되는 경우 이 상태에서 공급한 열원기기의 열량이 열부하가 되나 포함되지 않는 경우에는 열원기기의 상태를 바꾸어 (ON이면 OFF, OFF이면 ON) 만족한 상태가 될 때까지 계산을 반복해서 수행한다.

본 연구에서는 건물 자체만에 의해 열부하가 결정되는게 아니라 냉난방기기에서 공급 혹은 제거할 수 있는 열량이 직접적으로 반영되므로 temperature level control을 적용하였다.

제 4 장 대상 건물 시뮬레이션

4.1 대상 건물 개요

시뮬레이션 대상 건물은 2003년 8월에 설계를 시작으로 2008년 2월에 개관한 부산 영도구 한국해양대학교에 위치하고 있는 후생복지관 빌딩이다. 본 건물은 지하 1층부터 지상 5층으로 구성되어 있으며 <그림 4.1> 및 <표 4.1>은 대상 건물의 모습과 현장 개요를 나타낸 것이다. 각 층마다 용도가 달라 발생하는 부하가 다르고 건물 특성상 학생들이 이용하기 때문에 특정시간에 많은 부하가 발생한다. 그리고 외벽 전체가 유리로 구성된 곳이 많아 일사량의 영향을 많이 받는다.



<그림 4.1> 시뮬레이션 대상 건물

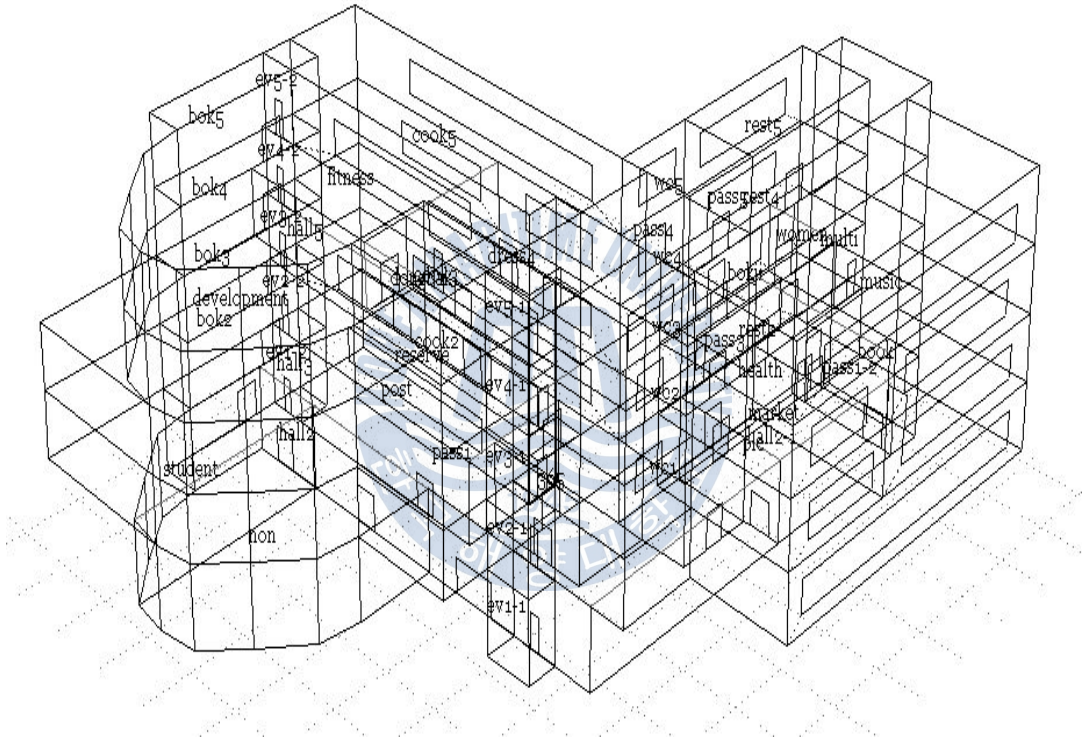
<표 4.1> 현장개요 (전체)

| | |
|-------|--|
| 건물 개요 | ①건축면적 : 1,665.01 m^2 ②연 면 적 : 7,427.70 m^2 ③층 수 : 지하 1층, 지상 5층 ④구 조 : 철골, 철근 콘크리트조 ⑤외부마감 : THK16 칼라복층유리 THK30 화강석 |
| 1층 용도 | 매점, 농협, 우체국, 365, 화장실, 학생민원실 |
| 2층 용도 | 학생식당, 휴게실, 화장실 |
| 3층 용도 | 학생식당, 서점, 안경점, 사무실, 여자휴게실, 화장실 |
| 4층 용도 | 체력단련장, 종합인력개발원, 직장인예비군, 보건실, 휴게실, 음악감상실, 화장실 |
| 5층 용도 | 교직원식당, 다목적실, 휴게실, 화장실 |



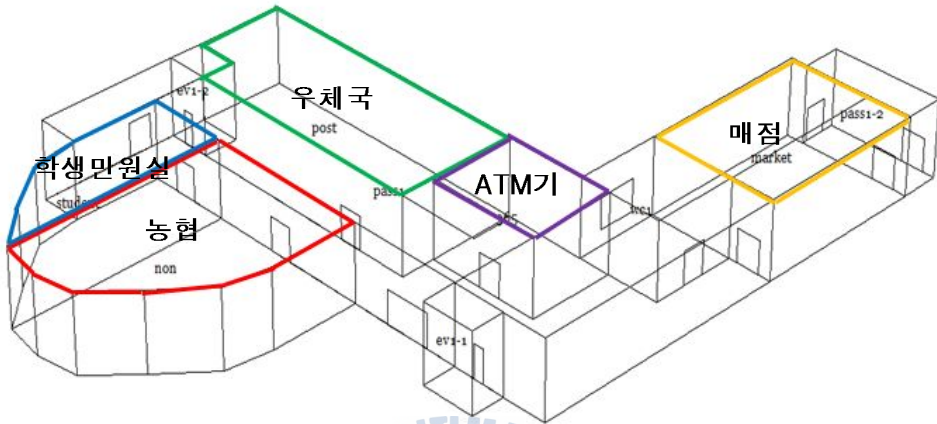
4.2 시뮬레이션 모델링

<그림 4.2>는 대상 건물의 평면도를 기초로 하여 건물에너지해석 프로그램인 Esp-r로 1층부터 5층까지 각 층에 존재하고 있는 공간을 모델링 한 것으로 총 51개 공간으로 구성되어 있다.



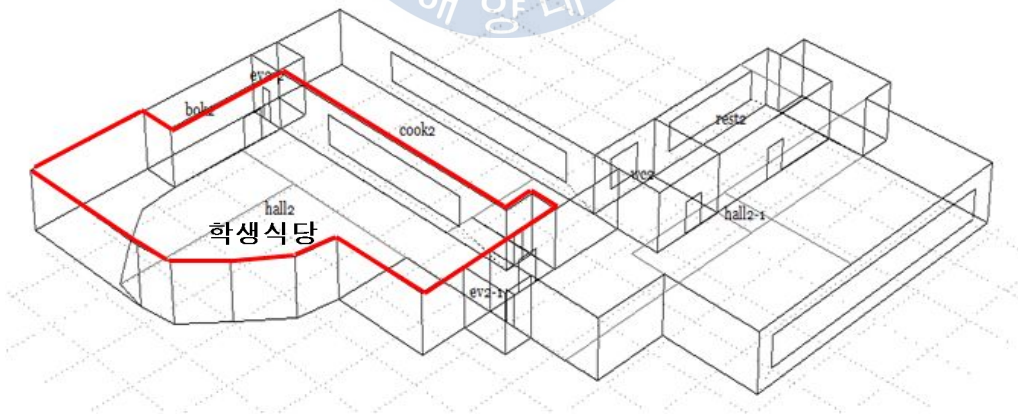
<그림 4.2> 후생복지관

<그림 4.3>은 후생복지관 1층을 모델링한 것으로 연면적 1,148.73m², 높이 4.9m로 11개의 존으로 구성되어 있고 주요 냉난방장소로는 매점, 농협, 우체국, ATM기, 학생민원실이 있다.



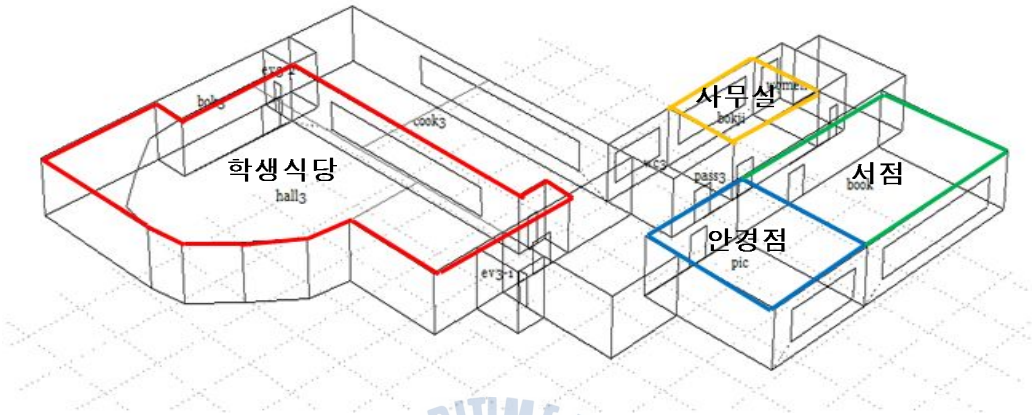
<그림 4.3> 후생복지관 1층

<그림 4.4>은 후생복지관 2층을 모델링한 것으로 연면적 1,639.11m², 높이 3.9m로 8개의 존으로 구성되어 있고 주요 냉난방장소로는 학생식당이 있다.



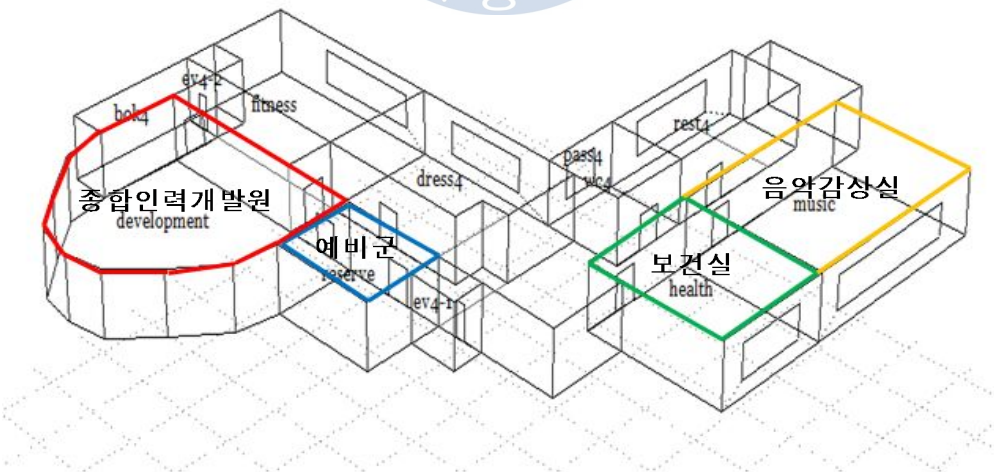
<그림 4.4> 후생복지관 2층

<그림 4.5>은 후생복지관 3층을 모델링한 것으로 연면적 1,619.61m², 높이 3.9m로 10개의 존으로 구성되어 있고 주요 냉난방장소로는 학생식당, 서점, 안경점, 복지관사무실이 있다.



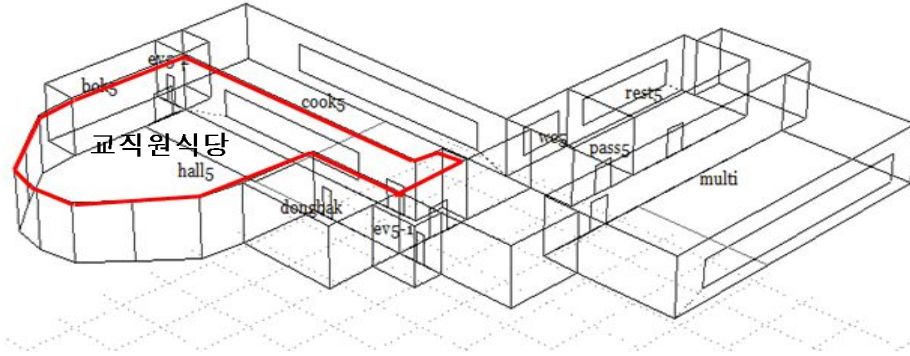
<그림 4.5> 후생복지관 3층

<그림 4.6>은 후생복지관 4층을 모델링한 것으로 연면적 1,1565.07m², 높이 3.9m로 12개의 존으로 구성되어 있고 주요 냉난방장소로는 종합인력개발원, 예비군, 보건실, 음악 감상실이 있다.



<그림 4.6> 후생복지관 4층

<그림 4.7>은 후생복지관 5층을 모델링한 것으로 연면적 1,457.18m², 높이 3.9m로 10개의 존으로 구성되어 있고 주요 냉난방장소로는 교직원식당이 있다.



<그림 4.7> 후생복지관 5층



4.2.1 구조체 구성 재료 특성 및 구성표

각 구성 재료의 특성은 건축에 사용된 각 재료의 전도(Conductivity), 밀도(Density), 비열(Specific Heat)을 <표 4.2>, 각 구조체의 물질 구성표는 <표 4.3>에 나타내었다.

<표 4.2> 구조체 구성 재료 특성

| 재 료 | Conductivity (W/m · k) | Density (kg/m ³) | Specific Heat (J/kg · K) |
|----------------------|---------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| brown brick | 0.96 | 2000 | 650 |
| glasswool | 0.4 | 250 | 840 |
| breeze block | 0.44 | 1500 | 650 |
| perlite plasterboard | 0.18 | 800 | 837 |
| plate glass | 0.76 | 2710 | 837 |
| block inner | 0.51 | 1400 | 1000 |
| oak | 0.19 | 700 | 2390 |
| wilton | 0.06 | 186 | 1360 |
| chipboard | 0.15 | 800 | 2093 |
| heavy mix concrete | 1.4 | 2100 | 653 |
| steel | 50 | 7800 | 502 |

<표 4.3> 구조체 구성표

| Construction (material) | Thickness |
|-------------------------|-----------------|
| Extern_wall | 325.0 mm |
| - brown brick | 100.0 mm |
| - glasswool | 75.0 mm |
| - air gap | 50.0 mm |
| - breeze block | 100.0 mm |
| Intern_wall | 162.0 mm |
| - breeze block | 150.0 mm |
| - perlite plasterboard | 12.0 mm |
| Glass_wall | 10.0 mm |
| - plate glass | 10.0 mm |
| Partition | 226.0 mm |
| - gypsum plaster | 13.0 mm |
| - air gap | 50.0 mm |
| - block inner | 100.0 mm |
| - air gap | 50.0 mm |
| - gypsum plaster | 13.0 mm |
| Glass_win | 16.0 mm |
| - plate glass | 16.0 mm |
| Glass_Door | 12.0 mm |
| - plate glass | 12.0 mm |
| Int doors | 25.0 mm |
| - oak | 25.0 mm |
| Dbl_glz | 24.0 mm |
| - plate glass | 6.0 mm |
| - air gap | 12.0 mm |
| - plate glass | 6.0 mm |
| Susp_ceil | 13.0 mm |
| - gypsum plaster | 13.0 mm |
| Susp_floor | 219.0 mm |
| - wilton | 6.0 mm |
| - chipboard | 19.0 mm |
| - air gap | 50.0 mm |
| - heavy mix concrete | 140.0 mm |
| - steel | 4.0 mm |

4.2.2 시뮬레이션 조건

ESP-r에서는 대부분의 사람들이 출입하고 조명이 On-Off되며 많은 종류의 발열기기들이 사용되는 공간이기 때문에 시뮬레이션을 수행하기 위해 행위 패턴을 분석하고 스케줄을 입력하게 된다. 재실자, 조명기기, 발열기기 이 3가지로 나뉘는 내부부하와 팬 등의 의도적이거나 외피의 크랙 등의 비의도적인 원인으로 인하여 외부에서 내부로 들어오게 되는 침기, 그리고 다른 열적 준에서 유입되는 공기인 환기 이것들이 스케줄 상에 입력하게 될 자료이다.

<표 4.4> 인체에서의 발생 열량[kcal/h·인]

| 작업상태 | 실 온[℃] | 28 | | 27 | | 26 | | 24 | | 21 | |
|-----------------|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 현열 | 잠열 | 현열 | 잠열 | 현열 | 잠열 | 현열 | 잠열 | 현열 | 잠열 |
| 정 좌 | 극장 | 40 | 40 | 44 | 36 | 48 | 32 | 52 | 28 | 59 | 21 |
| 가벼운작업 | 학교 | 41 | 50 | 44 | 47 | 48 | 43 | 55 | 36 | 62 | 29 |
| 사무소안에서 가벼운보행 | 사무소, 호텔, 백화점 | 41 | 61 | 45 | 57 | 49 | 53 | 56 | 46 | 65 | 37 |
| 섰다, 앉았다 | 은행 | 41 | 73 | 45 | 69 | 50 | 64 | 58 | 56 | 66 | 48 |
| 앉은 동작 | 레스토랑 | 43 | 82 | 51 | 74 | 56 | 69 | 64 | 61 | 73 | 52 |

<표 4.5> 조도와 실의 단위면적당 소비전력[w/m²]

| 건물의 종류 | | 조 도[lx] | | 조명전력[w/m ²] | |
|--------------|---------|----------|-----------|-------------------------|--------|
| | | 일 반 | 고 급 | 일 반 | 고 급 |
| 사무소 | 사 무 실 | 400~500 | 700~800 | 20~30 | 50~55 |
| | 은행영업실 | 750~850 | 1000~1500 | 60~70 | 70~100 |
| 상 점 | 점 포 내 | 500~600 | 800~1000 | 30~40 | 55~70 |
| 백화점과 슈퍼마켓 | 1층, 지하실 | 800~1200 | | 80~100 | |
| | 2층 이 상 | 600~1000 | | 60~80 | |
| 학 교 | 교 실 | 150~200 | 250~350 | 10~15 | 25~35 |
| 병 원 | 객 실 | 100~150 | 150~200 | 8~12 | 15~20 |
| | 진 료 실 | 300~400 | 700~1000 | 25~35 | 50~70 |

[주] 소비전력은 호텔은 백열등, 기타는 형광등 기준임.

재실자부하 같은 경우는 1인 기준으로 저자 김영호, 박정원의 「空氣調和設備」 교제에 명시되었던 <표 4.4>를 참고하여 실온 26℃에서 현열 60W 잠열 30W로 <표 4.6>와 같은 재실자 패턴을 갖고 있다. 그리고 조명기기의 부하는 마찬가지로 같은 교제에 명시되었던 <표 4.5>를 참고하여 각 실마다 60w/m², 30w/m², 20w/m², 10w/m²으로 <표 4.7>과 같은 조명기기 패턴을 갖고 있으며 발열기기의 부하로는 TV 200W, 가스버너 4000W, PC 300W, 모니터 50W, 냉장고 50W 기준으로 <표 4.8>와 같은 발열기기 패턴을 가지고 있다. 그리고 침기는 2ac/h로 환기는 없다고 설정 하였다.

<표 4.6> 재실자 패턴[명]

| 장소 Hours | 1 | | | | | 2 | 3 | | | | 4 | | | | 5 |
|-------------|--------|-------------|--------|-------------|-------------|--------|--------|-------------|-------------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| | 매 점 | 우 체 국 | 농 협 | 민 원 실 | 3 6 5 | 식 당 | 식 당 | 사 무 실 | 안 경 점 | 서 점 | 개 발 원 | 예 비 군 | 보 건 실 | 감 상 실 | 식 당 |
| 0~8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8~9 | 2 | 3 | 8 | 2 | 5 | 20 | 2 | 6 | 3 | 2 | 7 | 2 | 1 | 1 | 3 |
| 9~10 | 20 | 10 | 20 | 4 | 5 | 2 | 20 | 6 | 5 | 5 | 15 | 5 | 2 | 3 | 3 |
| 10~11 | 20 | 10 | 20 | 4 | 12 | 2 | 20 | 6 | 5 | 5 | 15 | 5 | 2 | 3 | 3 |
| 11~12 | 50 | 20 | 30 | 7 | 12 | 40 | 60 | 6 | 10 | 7 | 15 | 5 | 2 | 3 | 200 |
| 12~13 | 50 | 20 | 30 | 0 | 12 | 40 | 60 | 0 | 10 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 200 |
| 13~14 | 50 | 20 | 30 | 7 | 7 | 40 | 60 | 6 | 10 | 7 | 15 | 5 | 2 | 3 | 200 |
| 14~15 | 30 | 10 | 20 | 4 | 7 | 0 | 20 | 6 | 5 | 5 | 15 | 5 | 2 | 3 | 3 |
| 15~16 | 30 | 10 | 20 | 4 | 5 | 2 | 20 | 6 | 5 | 5 | 15 | 5 | 2 | 3 | 3 |
| 16~17 | 30 | 3 | 8 | 4 | 5 | 20 | 30 | 6 | 5 | 5 | 15 | 5 | 2 | 3 | 40 |
| 17~18 | 30 | 0 | 0 | 2 | 5 | 20 | 30 | 6 | 3 | 2 | 7 | 2 | 1 | 1 | 60 |
| 18~19 | 20 | 0 | 0 | 0 | 5 | 20 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| 19~24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

<표 4.7> 조명기기 패턴[w/m²]

| 장소 Hours | 1 | | | | | 2 | 3 | | | | 4 | | | | 5 |
|-------------|--------|-------------|--------|-------------|-------------|--------|--------|-------------|-------------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| | 매 점 | 우 체 국 | 농 협 | 민 원 실 | 3 6 5 | 식 당 | 식 당 | 사 무 실 | 안 경 점 | 서 점 | 개 발 원 | 예 비 군 | 보 건 실 | 감 상 실 | 식 당 |
| 0~8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8~18 | 30 | 60 | 60 | 20 | 10 | 10 | 10 | 20 | 30 | 30 | 20 | 20 | 20 | 20 | 10 |
| 18~19 | 30 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| 19~24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

<표 4.8> 발열기기 패턴[kW]

| 장소 Hours | 1 | | | | | 2 | 3 | | | | 4 | | | | 5 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 매점 | 우체국 | 농협 | 민원실 | 365 | 식당 | 식당 | 사무실 | 안경점 | 서점 | 개발원 | 예비군 | 보건실 | 감상실 | 식당 |
| 0~8 | 0.2 | 0 | 0 | 0 | 0.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8~18 | 0.3 | 1.1 | 2.5 | 0.8 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 2.1 | 1.5 | 0.5 | 4 | 0.7 | 0.3 | 0.2 | 0.3 |
| 18~20 | 0.2 | 0 | 0 | 0 | 0.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.3 |
| 20~24 | 0.2 | 0 | 0 | 0 | 0.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

후생복지관은 각 실마다 사용시간이 달라 오전 9시부터 업무를 시작하여 은행이나 우체국, 사무실 같은 경우는 오후 5시 식당의 경우는 저녁까지 업무를 하기 때문에 오후 7시에 끝나는 시간으로 설정하였다. 그리고 일주일 중 토요일, 일요일은 업무를 하지 않기 때문에 냉난방기간에서 제외시켰다. 냉난방 실내 온도 설정은 공공기관 설정기준 온도를 적용하여 <표 4.9>과 같이 난방은 18℃ 냉방은 28℃로 설정하였다.

<표 4.9> 실내 설정온도

| 구분 | 시간 | 설정온도 |
|----|---------------|------|
| 난방 | 09:00 ~ 19:00 | 18℃ |
| 냉방 | | 28℃ |

4.3 기상데이터

4.3.1 기상데이터 종류

4.3.1.1 표준기상데이터

표준기상데이터란 에너지 성능평가용 컴퓨터 시뮬레이션의 기초 입력 자료로 365일의 8760시간의 데이터를 말한다. 본 데이터는 시뮬레이션의 결과에 영향을 미치는 주요인자로 정밀성이 요구되는 데이터이며 다양한 산출방법을 통해 작성되어 진다.

표준기상데이터는, 단순히 기상요소의 평균치만을 고려하는 것이 아니라, 미국의 Hall(1978)등이 제안한 방법으로써 에너지 시뮬레이션 결과에 조금이라도 영향을 미칠 수 있는 기상요소들을 전부 고려하는 것으로 대상 지역의 장기간 기상데이터를 토대로 하여 조사 기간들 중 그 지역의 기상 상태를 대표할 수 있는 달을 선정, 추출해서 1년 12개월을 구성한 것을 말한다.

표준기상데이터는 일반적으로 다음과 같은 특성을 지닌다.

1) 표준기상데이터는 주요 기상 요소들의 분포가 장기적인 분포에 가까운 분포를 보여야 한다. 이는 총 조사기간을 대표하는 가상의 데이터를 만들기 위해서이며 통계방법에 따라 그 결과가 다르게 나타날 수도 있다.

2) 표준기상데이터의 각각의 기상 요소 값들의 일별 추이는 그 지역에서 흔히 관찰 할 수 있는 것과 유사해야 한다. 따라서 그 지역을 대표 할 수 있는 기상데이터로 사용 가능하다.

3) 표준기상데이터의 기상 요소들 간의 관계는 실제 자연 상태에서 측정될 수 있는 관계이어야 한다. 이는 기상 요소들 간의 상호 관계가 밀접해야 하며, 단일 기상요소의 데이터 사용은 타 기상데이터를 고려하지 않았기에 시뮬레이션의 결과를 신뢰할 수가 없을 것으로 판단된다.

표준기상데이터에서 고려해야 할 주요 기상요소로는 건구온도와 상대습도,

풍속, 일사량의 시간당 데이터이다. 이는 실측데이터로 구성되어야 하며, 그 지역을 대표 할 수 있는 데이터이어야 한다. 또한 표준 기상데이터 작성에 필요한 변수로 적용되며, 산출방법에 따라 그 구성에서 다른 기상요소가 추가되거나 제외 될 수 있다.

본 연구에서 사용된 표준기상데이터는 1986년부터 2005년까지 약 20년 기간을 가지고 태양에너지학회와 한국건축친환경설비학회에서 공동으로 제작한 것으로 태양에너지학회에서 부산 지역 자료를 제공 받아서 사용하였다.

4.3.1.2 기상청 데이터

우리나라에서의 현대 기상관측은 1904년부터 시작되었다. 물론 우리나라에서 15C 세종대왕 시기(1397~1450년)에 측우기를 발명하고 지속적인 강우관측을 시행하여 세계에서 가장 긴 강우기록을 갖고 있으나, 기상관측소를 설치하여 강수뿐만 아니라 기온, 습도, 바람 등 현대 기상관측을 시행한 것은 20세기 초 부터이다.

기상청은 지상, 해양, 고층, 위성, 레이더, 항공, 지진 관측을 위해 89개 지점의 관측소와 435개의 지점의 AWS, 5개의 해양부이, 2개 지점의 등표탑재 기상장비, 1척의 기상관측선을 운영하고 있다. 89개 관측소 중 76개 지점에서 종관관측, 4개 지점에서는 고층관측, 7개 지점에서 레이더관측, 9개 지점에서 항공관측, 12개 지점에서 지진관측 업무를 수행하고 있으며 위성자료 수신을 위해 1개소의 기상위성수신 분석시스템(MESDAS)과 21개소의 위성자료 수신기(SDUS)를 운영하고 있다.

한국에서의 근대 기상 관측은 100년의 역사를 지니고 있으며 그간의 모든 기상 관측 자료는 잘 정리 되어 있다. 현 기상청의 전신인 중앙기상대 통계과에서는 이들 관측 자료를 모아 세계 기상기구의 규정에 따라 1931년부터 1960년, 그리고 1961년부터 1990년까지의 기후표준 평년값(Climatological Standard Normals)은 각각 1962년도와 1991년도에 '한국기후표'라는 제목으로 발행되었으며, 최근에는 1997년부터 2000년까지 30년간의 기후평년값

(Climatological Normals)을 정리하게 되었다.

이 한국기후표에는 기상청 산하의 33개 기상대와 35개 관측소의 지상기상 관측 자료가 관측지점별, 일별, 순별, 월별, 계절별로 수록되었으며, 연 평년값과 계절 값이 포함되어 있다.

측정 기후요소로는 평균기온(°C), 최고기온(°C), 최저기온(°C), 강수량(mm), 강수계속시간(hr), 일조합(hr), 평균일사량(MJ/m²), 안개계속시간(hr), 전운량 1/10, 해면기압(hPa), 초상최저(°C), 지면온도(°C), 지중온도(°C) (0.05m, 0.1m, 0.2m, 0.3m, 0.5m, 1.0m, 1.5m, 3.0m, 5.0m)를 측정 제공하고 있다.

부산권 측정지역으로는 동래구(명륜동), 영도구(신성동, 동삼동), 서구(서대신동), 중구(대청동), 부산진구(범천동), 남구(대연동, 용호동), 금정구(장전동), 해운대구(우동), 북구(구포동), 강서구(대항동), 기장군이 있지만 부산기상청이 위치한 동래구 명륜동에서만 일사량을 측정하고 있기 때문에 부산기상청에서 1시간 간격으로 자료를 제공 받았다. 제공 받은 요소는 기온(°C), 풍향, 풍속(m/s), 습도(%), 일사량(MJ/m²)으로 프로그램에 필요한 6개의 데이터이다.

4.3.1.3 실측 데이터

기상데이터 측정 장치로는 <표 4.10>에 나타난 사양을 가지고 있는 Weather Station Vantage Pro<그림 4.8>로서 기압, 습도, 이슬점, 습도, 강우, 온도, 태양열 복사, 자외선, 풍향, 풍속을 측정할 수 있는 장치로 대상건물 옥상에서 1시간 간격으로 측정을 하였고, <그림 4.9>에 보여지고 있는 수신기로 실내에서 데이터를 받을 수 있도록 되어 있다.



<그림 4.8> Weather Station Vantage Pro 실외기



<그림 4.9> Weather Station Vantage Pro Console

<표 4.10> Weather Station Vantage Pro 사양

| Variable | Required Sensors | Resolution | Range | Nominal Accuracy |
|----------------------------|-----------------------------------|--|---|--|
| Barometric Pressure | Included in Console | 0.01"Hg; 0.1mm; 0.1hpa; 0.1mb | 16" to 32.5"Hg 140 to 820mm 540 to 1100hPa 540 to 1100mb | 0.03"Hg 0.8mmHg 1.0hPa 1.0mb |
| Barometric Trend | | Change Rates Rapidly: ≥.06"Hg 1.5mm Hg 2 hPa, 2 mb; Slowly: ≥.02"Hg 0.5mm Hg 0.7hPa, 0.7mb | 5Arrow Positions: Rising Rapidly Rising Slowly Steady Falling Slowly Falling Rapidly | |
| Inside Humidity | | 1% | 0 to 100% | 3% RH; 4% above 90% |
| Outside Humidity | ISS or Temp / Hum Station | 1% | 0 to 100% | 3% RH; 4% above 90% |
| Dew Point | ISS or Temp / Hum Station | 1°F; 1°C | -105° to +130°F; -76° to +54°C | 3°F; 1.5°C |
| Daily & Storm Rainfall | Rain Collector | 0.01"; 0.2mm | to 99.99"; 999.8mm | greater of 4% or 1 tip |
| Monthly & Yearly Rainfall | | 0.01"; 0.2mm (1mm at totals over 2000mm) | to 199.99"; 999.8mm | greater of 4% or 1 tip |
| Rain Rate | | 0.01"; 0.2mm | to 96"/hr.; 2438mm/hr. | greater of 5% or 0.04"/hr.; 1mm/hr. |
| Solar Radiation | Solar Sensor | 1W/m ² | 0 to 1800 W/m ² | 5% of full scale |
| Inside Temperature | Included in Console | 0.1°F; 0.1°C | +32° to +140°F; 0 to +60°C | 1°F; 0.5°C |
| Outside Temperature | ISS or Temp Station / Hum Station | 0.1°F; 0.1°C | -40° to +150°F; -40° to +65°C | 1°F; 0.5°C |
| Heat Index | ISS or Temp / Hum Station | 1°F; 1°C | -40° to +165°F; -40° to +74°C | 3°F(1.5°C) |
| Time | Included in Console | 1 min | 24 hours | 8 sec./mon. |
| Date | | 1 day | month/day | 8 sec./mon. |
| Wind Direction | Anemometer | 1° | 0 to 360° | 3° |
| Compass Rose | | 22.5° | 16 compass pts | 0.3 compass pt |
| Wind Speed (large cups) | | 1mph; 1kt; 0.5m/s; 1km/h | 2 to 153 mph; 2 to 130 kts 3 to 241 km/h, 1 to 67 m/s | greater of 2 mph/kts; 1m/s; 3km/h or 5% |
| Wind Chill | ISS | 1°F; 1°C | -110° to +135°F -79° to +57°C | 2°F; 1°C |

4.3.3 직산분리

기상청 데이터와 실측 데이터는 수평면에 도달하는 전일사량이므로 프로그램에 사용하기 위해서는 직달성분과 확산성분으로 분리하는 직산분리 과정을 거쳐야 한다. 직산분리 모델이 여러 가지 발표되면서 이들 모델을 실측 데이터로 검증하는 연구도 함께 진행되고 있다. 윤종호(2000). 「서울지역 실측일사량을 이용한 일사량 직산분리 모델의 정밀성 검증 연구」는 직산분리 5개 모델(Erbs, 宇田川, Bouguer·Berlage, Reindl 1, 2)의 직달일사, 확산일사 예측값과 1991~1998년 8년 동안 서울지역에서 측정한 범선면 직달일사량, 수평면 전일사량 관측 데이터를 비교하여 각 모델의 정밀성을 검토 한 바 있다.

그 결과 대부분의 직산분리 모델이 실측값보다 작게 예측하고 있고 RMSE(Root Mean Square Error) 34~48%로 오차가 크지만, 그 중 宇田川 모델의 오차가 가장 적은 것으로 평가되었고, 공기조화·냉동공학회(1996). 「건물의 공조부하계산용 표준 전산프로그램 개발 및 기상자료의 표준화 연구에 관한 최종보고서」도 표준기상데이터 작성을 위해 직산분리 모델을 비교 검토한 후 宇田川 모델을 직산분리에 이용하였다. 宇田川 모델은 일본 현지 데이터를 이용한 검증평가에서도 다른 모델보다 정밀한 것으로 나타났다.

이에 본 연구에서도 宇田川 모델을 이용하여 수평면 일사량을 직달일사량과 확산일사량으로 직산분리를 하였다.

宇田川 모델의 직산분리 계산식은 다음과 같다.

$$I_{on} = 1367(1 + 0.33\cos\frac{360 \times n}{365}) \dots\dots\dots (4.1)$$

$$K_t = \frac{I_{TH}}{I_{on}} \dots\dots\dots (4.2)$$

$$K_{tc} = 0.5163 + 0.333 \sin h + 0.00803 \times \sin^2 h \quad \dots \quad (4.3)$$

$K_t \geq K_{tc}$ 일때,

$$I_{DN} = (-0.43 + 1.43 \times K_t) \times I_{on} \quad \dots \quad (4.4)$$

$K_t \leq K_{tc}$ 일때,

$$I_{DN} = (2.277 - 1.258 \sin h + 0.2396 \sin^2 h) \times K_t^3 \times I_{on} \quad \dots \quad (4.5)$$

$$I_{dH} = I_{TH} - \sin h I_{DN} \quad \dots \quad (4.6)$$

I_{on} : 대기권 밖 일사량

n : 연중일수

K_t : 청명계수

K_{tc} : 청명계수의 새로운 판정변수

h : 태양고도

I_{TH} : 수평면 전일사량

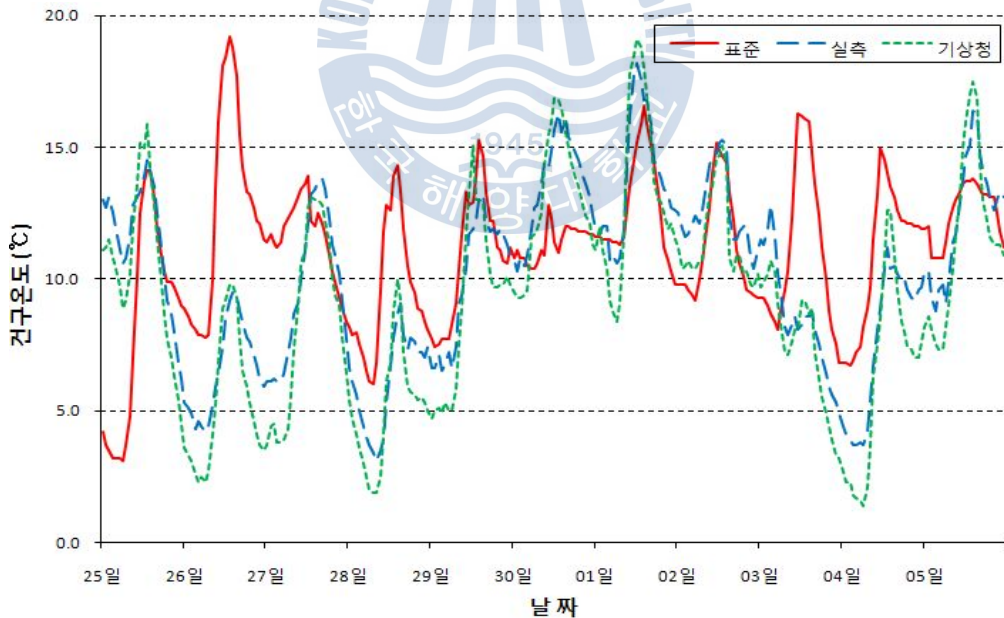
I_{DN} : 법선면 직달일사량

I_{dH} : 수평면 확산일사량

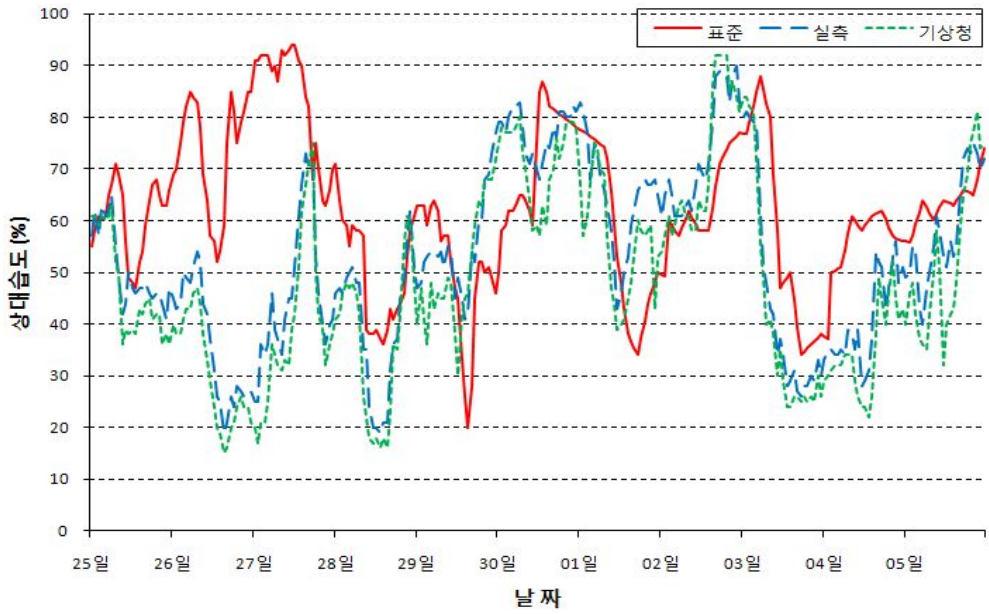
4.3.2 각 기상데이터 비교

표준기상데이터와 기상청 데이터, 그리고 같은 기간 동안의 실측 데이터 이 3가지 기상데이터를 활용하여 건구온도, 상대습도, 일사량과 난방부하를 비교해 보았다. 11월 25일부터 12월 5일에 해당하는 <그림 4.10>, <그림 4.11>, <그림 4.12>에 나타난 것과 같이 기상청 데이터와 실측 데이터는 거의 비슷한 온도와 상대습도 그리고 일사량 분포를 보인 반면에 표준기상데이터와 비교해 보면 최대 온도, 습도 차이는 26일 오후에 약 10℃, 40% 일사량차이는 27일에 360W/m²으로 큰 차이를 보이고 있다.

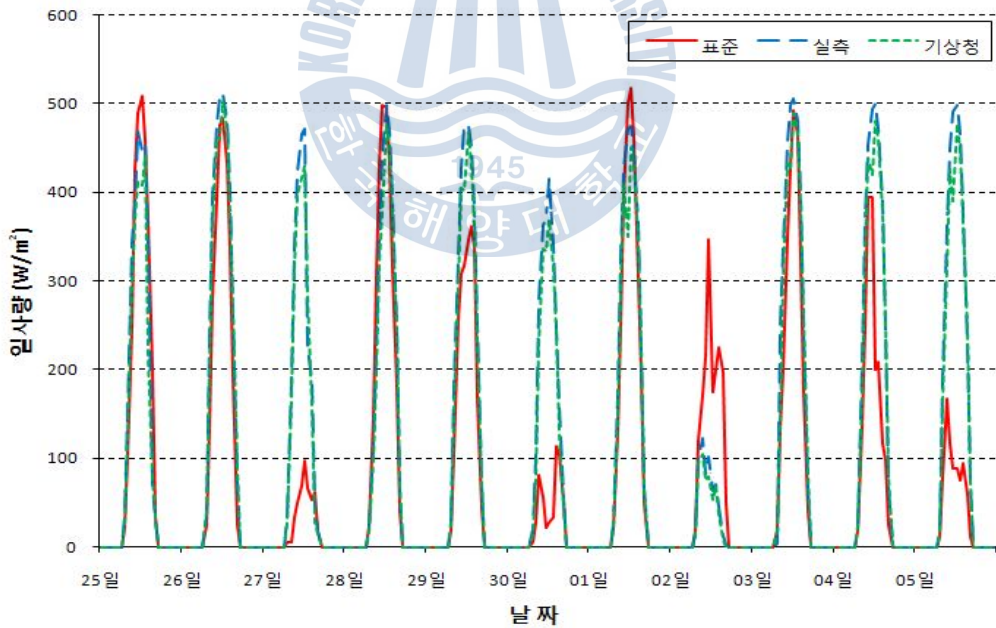
<그림 4.13>은 Esp-r 시뮬레이터에 의한 난방부하 결과 값으로 표준기상데이터는 3,145kWh의 난방부하가 발생하는 반면에 실측한 데이터는 5,716kWh, 기상청 데이터는 6,517kWh로 평가된다.



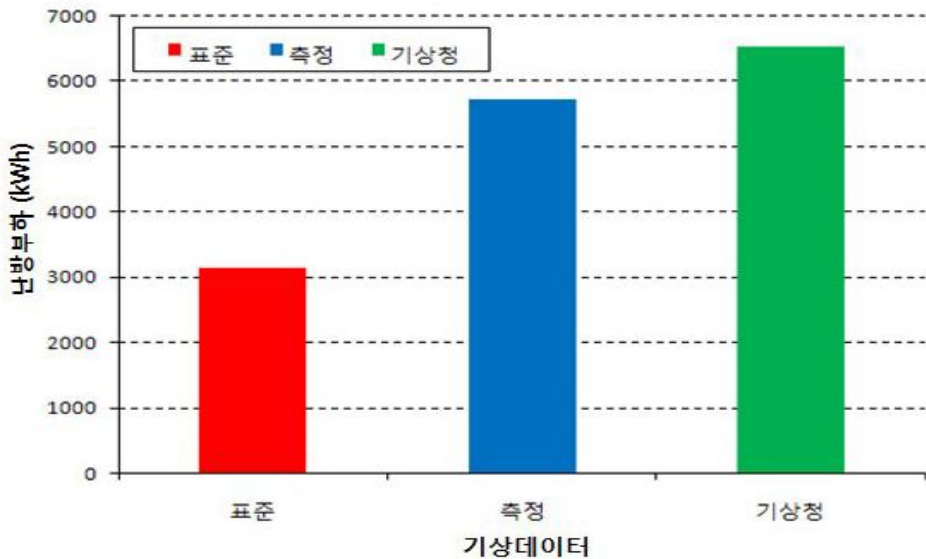
<그림 4.10> 3가지 기상데이터의 건구온도 비교



<그림 4.11> 3가지 기상데이터의 상대습도 비교



<그림 4.12> 3가지 기상데이터의 일사량 비교



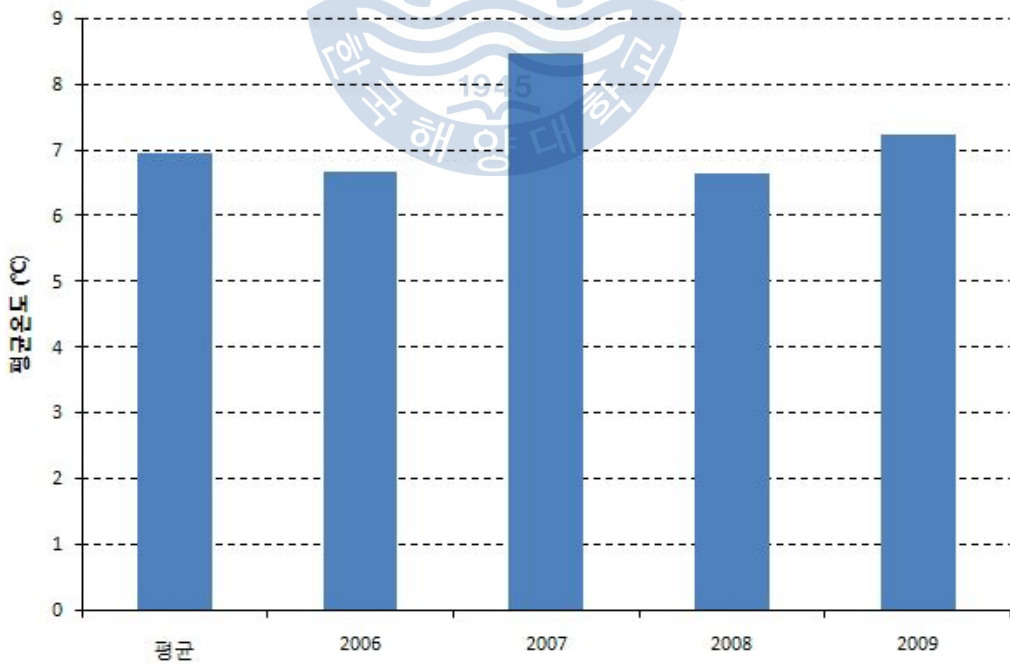
<그림 4.13> 3가지 기상데이터의 난방부하 비교

1년의 기간을 갖는 표준기상데이터에 대한 냉난방부하를 비교해 보기 위해 1년이라는 기간의 기상데이터가 필요로 한데 <그림 4.10>, <그림 4.11>, <그림 4.12>, <그림 4.13>에 나타난 데이터를 살펴보면 표준기상데이터에 비해 기상청 데이터가 상대적으로 실측 데이터에 가깝다. 그래서 실측 데이터를 기상청 데이터로 대신할 수 있다는 판단하에 2006년에서부터 2009년의 4년간 기상청 데이터를 가지고 표준기상데이터와 건구온도와 냉난방부하를 비교·분석을 하였다.

먼저 <그림 4.14>, <그림 4.15>에 나타난 평균온도 차이를 살펴보면 여름철(7월~8월)에는 표준기상데이터가 기상청 데이터에 비해 높은 온도 분포를 보이고 있다. 이것은 표준기상데이터의 냉방부하가 기상청 데이터보다 높을 것으로 예상되어 진다. 반면에 겨울철(12월~2월)에는 2006년, 2008년, 2009년 기상청 데이터가 표준기상데이터 보다 낮은 온도 분포를 보여서 난방부하가 높을 것으로 예상되어 지고, 2007년 기상청 데이터는 표준기상데이터 보다 높은 온도 분포를 보이고 있어 난방부하가 낮을 것으로 예상되어 진다.



<그림 4.14> 여름철(7~8월) 표준기상데이터와 기상청데이터의 평균온도 비교



<그림 4.15> 겨울철(12~2월) 표준기상데이터와 기상청데이터의 평균온도 비교

4.4 시뮬레이션 결과

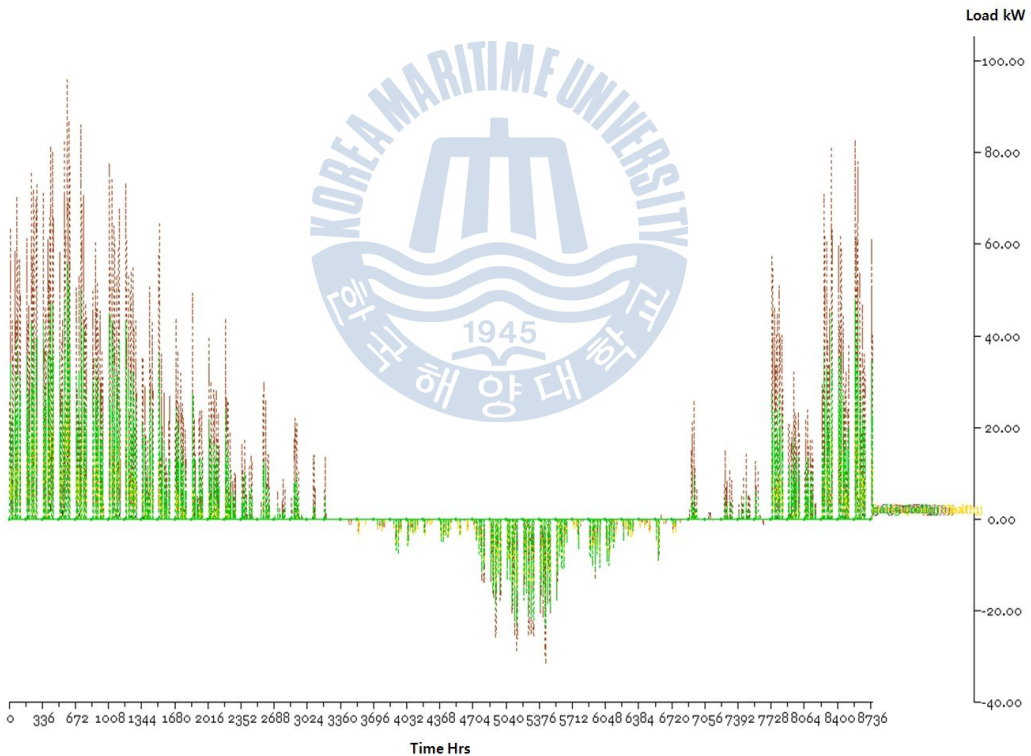
해석공간은 대상건물을 51개의 존으로 빌딩을 하였지만 실질적으로 냉난방 시설이 갖춰졌다 하더라도 주기적으로 쓰이는 장소는 총 15개의 존으로 정해져있기 때문에 시뮬레이션 또한 해석 대상 공간을 <표 4.11>에서 보는 것과 같이 현재 주기적으로 쓰여지고 있는 공간에서만 실시하였다. 일주일 중 토요일, 일요일 주말을 제외한 평일에만 냉난방을 실시하며 사용시간은 09:00 ~ 19:00시 냉방 설정온도는 28℃ 난방 설정온도는 18℃로 하였다.

<표 4.11> 해석 대상 공간

| 구 분 | 해 석 공 간 |
|-----|-----------------------------|
| 1층 | 매점, 농협, 우체국, 365, 학생민원실 |
| 2층 | 학생식당 |
| 3층 | 학생식당, 서점, 안경점, 사무실, |
| 4층 | 종합인력개발원, 직장인예비군, 보건실, 음악감상실 |
| 5층 | 교직원식당 |

4.4.1 표준 기상데이터 적용

표준기상데이터를 적용하여 Esp-r로 시뮬레이션을 실행해 보았을 때 1년 동안 후생복지관의 해석대상 공간에 대하여 냉난방부하를 도출하였다. 수행 결과 <그림 4.14>를 보면 냉방부하보다 난방부하가 많이 분포되었음을 볼 수 있다. 정확한 수치를 살펴보면 <표 4.12>에 나타난 바와 같이 총 15개 해석공간에 대하여 총 냉방부하는 30,369kWh, 난방부하는 86,049kWh로 냉방부하보다 난방부하가 많이 발생함을 알 수 있다. 이는 기상데이터라는 입력 값만을 변수로 두고 시뮬레이션을 하였기에 외기의 영향이 아주 클 것이라 생각된다.



<그림 4.16> 표준기상데이터 이용한 시각별 냉난방부하

<표 4.12> 표준기상데이터 이용한 해석 대상 공간별 냉난방부하

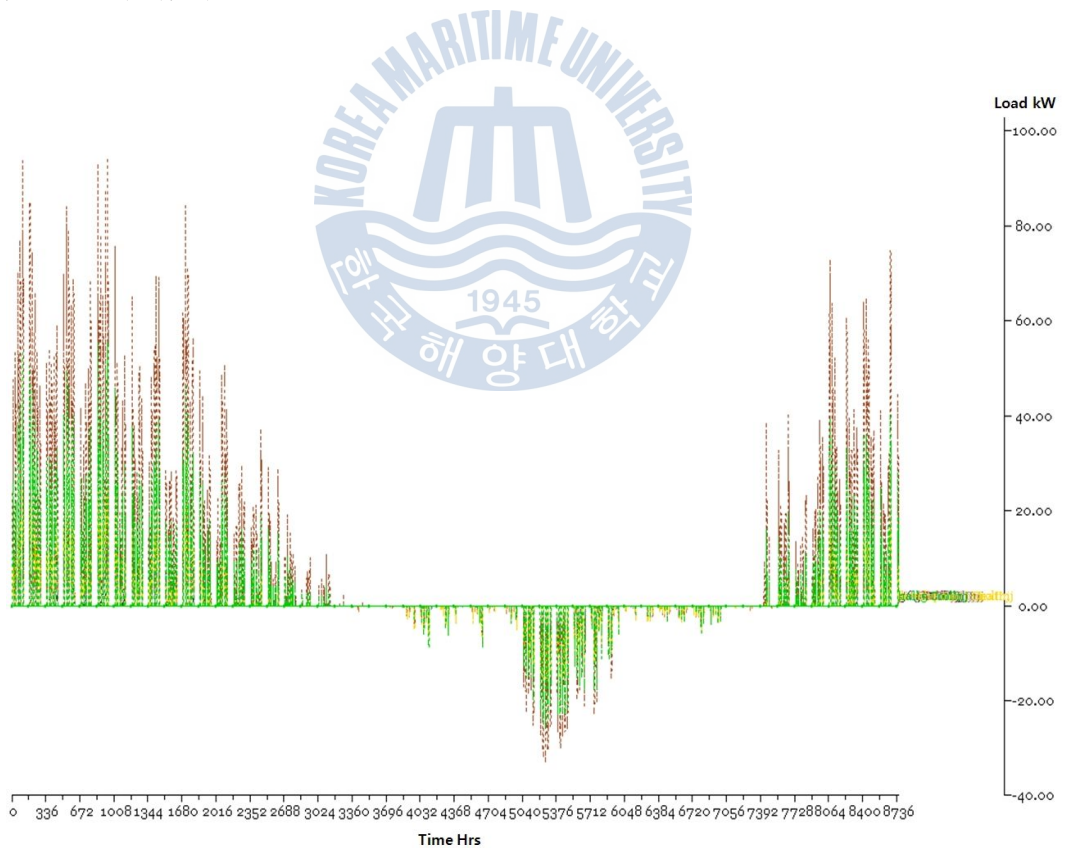
| | | 냉방부하 (kWh/년) | 난방부하 (kWh/년) |
|-----|-------|--------------|--------------|
| 1층 | 매 점 | 2,564 | 2,422 |
| | 농 협 | 2,781 | 6,167 |
| | 우체국 | 1,891 | 2,335 |
| | 3 6 5 | 839 | 1,180 |
| | 민원실 | 905 | 2,873 |
| 2층 | 식 당 | 3,397 | 12,695 |
| 3층 | 식 당 | 3,731 | 12,049 |
| | 서 점 | 989 | 7,687 |
| | 안 경 | 2,120 | 2,335 |
| | 사무실 | 1,440 | 1,583 |
| 4층 | 개발원 | 3,913 | 6,367 |
| | 예비군 | 930 | 1,459 |
| | 보건실 | 590 | 4,407 |
| | 감상실 | 785 | 4,666 |
| 5층 | 식 당 | 3,494 | 17,824 |
| 합 계 | | 30,369 | 86,049 |

4.4.2 기상청 데이터 적용

한해를 가지고 표준기상데이터와 비교하기 보다는 급변하는 기후를 고려하여 최근 4년간 2006년부터 2009년의 기상청 데이터를 가지고 냉난방부하를 비교·분석을 실시하였다.

4.4.2.1 2006년 기상데이터

2006년 기상청 데이터를 적용하여 Esp-r로 시뮬레이션을 실행해 보았을 때 그 결과 <표 4.13>에 나타난바와 같이 총 15개 해석공간에 대하여 총 냉방부하는 28,477kWh, 난방부하는 95,913kWh로 냉방부하보다 난방부하가 많이 발생함을 알 수 있다.



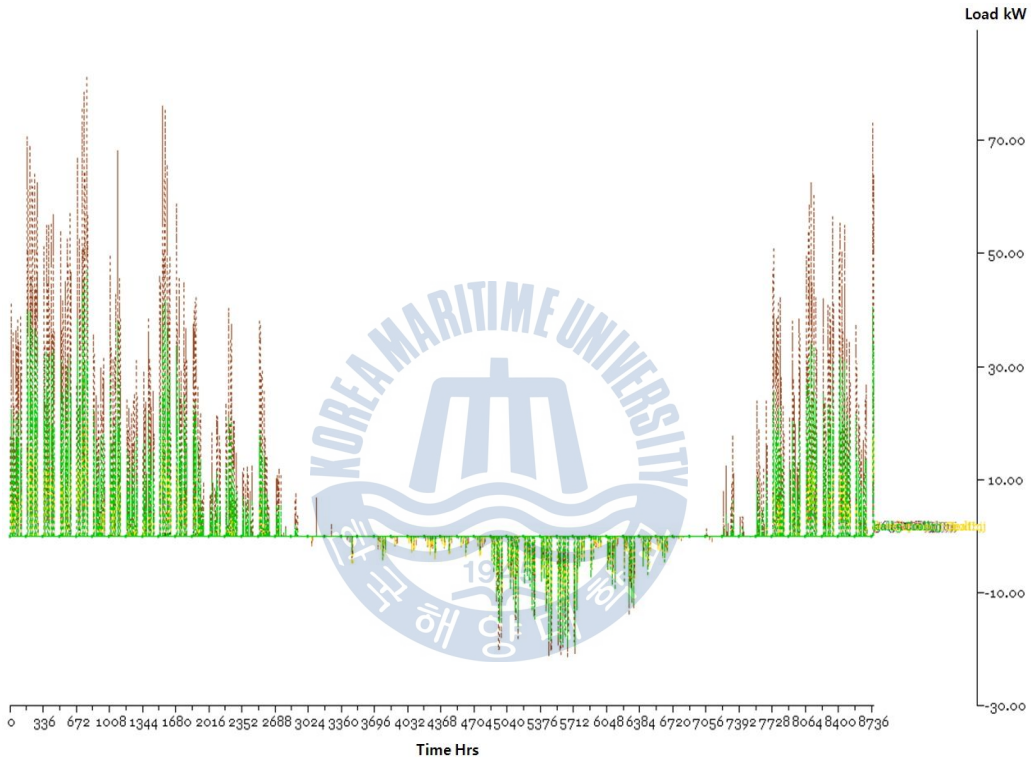
<그림 4.17> 2006년도 기상청 데이터 이용한 시각별 냉난방부하

<표 4.13> 2006년도 기상청 데이터 이용한 해석 대상 공간별 냉난방부하

| | | 냉방부하 (kWh/년) | 난방부하 (kWh/년) |
|------------|-------|---------------|---------------|
| 1층 | 매 점 | 2,403 | 2,551 |
| | 농 협 | 2,617 | 6,564 |
| | 우체국 | 1,824 | 6,969 |
| | 3 6 5 | 753 | 1,245 |
| | 민원실 | 829 | 3,002 |
| 2층 | 식 당 | 3,100 | 13,510 |
| 3층 | 식 당 | 3,370 | 12,823 |
| | 서 점 | 1,044 | 8,225 |
| | 안 경 | 1,930 | 2,490 |
| | 사무실 | 1,318 | 1,676 |
| 4층 | 개발원 | 3,583 | 6,793 |
| | 예비군 | 826 | 1,536 |
| | 보건실 | 623 | 4,677 |
| | 감상실 | 782 | 4,958 |
| 5층 | 식 당 | 3,475 | 18,894 |
| 합 계 | | 28,477 | 95,913 |

4.4.2.2 2007년 기상데이터

2007년 기상청 데이터를 적용하여 Esp-r로 시뮬레이션을 실행해 보았을 때 그 결과 <표 4.14>에 나타난바와 같이 총 15개 해석공간에 대하여 총 냉방부하는 24,121kWh, 난방부하는 74,677kWh로 2006년 보다는 냉난방부하가 적게 발생하였지만 마찬가지로 냉방부하보단 난방부하가 많이 발생 하였다.



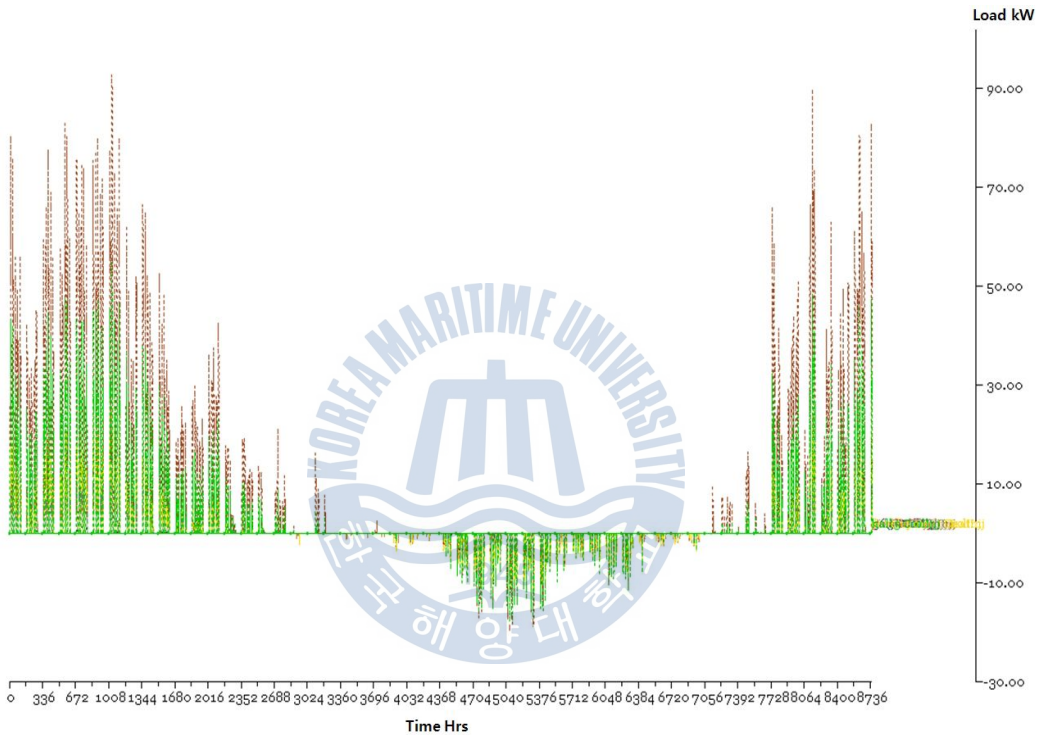
<그림 4.18> 2007년도 기상청 데이터 이용한 시각별 냉난방부하

<표 4.14> 2007년도 기상청 데이터 이용한 해석 대상 공간별 냉난방부하

| | | 냉방부하 (kWh/년) | 난방부하 (kWh/년) |
|-----|-------|--------------|--------------|
| 1층 | 매 점 | 2,288 | 1,730 |
| | 농 협 | 2,249 | 5,005 |
| | 우체국 | 1,550 | 5,526 |
| | 3 6 5 | 731 | 903 |
| | 민원실 | 717 | 2,349 |
| 2층 | 식 당 | 2,402 | 10,487 |
| 3층 | 식 당 | 2,697 | 9,861 |
| | 서 점 | 707 | 6,697 |
| | 안 경 | 1,847 | 1,714 |
| | 사무실 | 1,306 | 1,176 |
| 4층 | 개발원 | 3,277 | 5,020 |
| | 예비군 | 739 | 1,104 |
| | 보건실 | 405 | 3,789 |
| | 감상실 | 566 | 3,947 |
| 5층 | 식 당 | 2,640 | 15,369 |
| 합 계 | | 24,121 | 74,677 |

4.4.2.3 2008년 기상데이터

2008년 기상청 데이터를 적용하여 Esp-r로 시뮬레이션을 실행해 보았을 때 그 결과 <표 4.15>에 나타난바와 같이 총 15개 해석공간에 대하여 총 냉방부하는 26,357kWh, 난방부하는 94,150kWh로 역시 냉방부하보단 난방부하가 많이 발생 하였다.



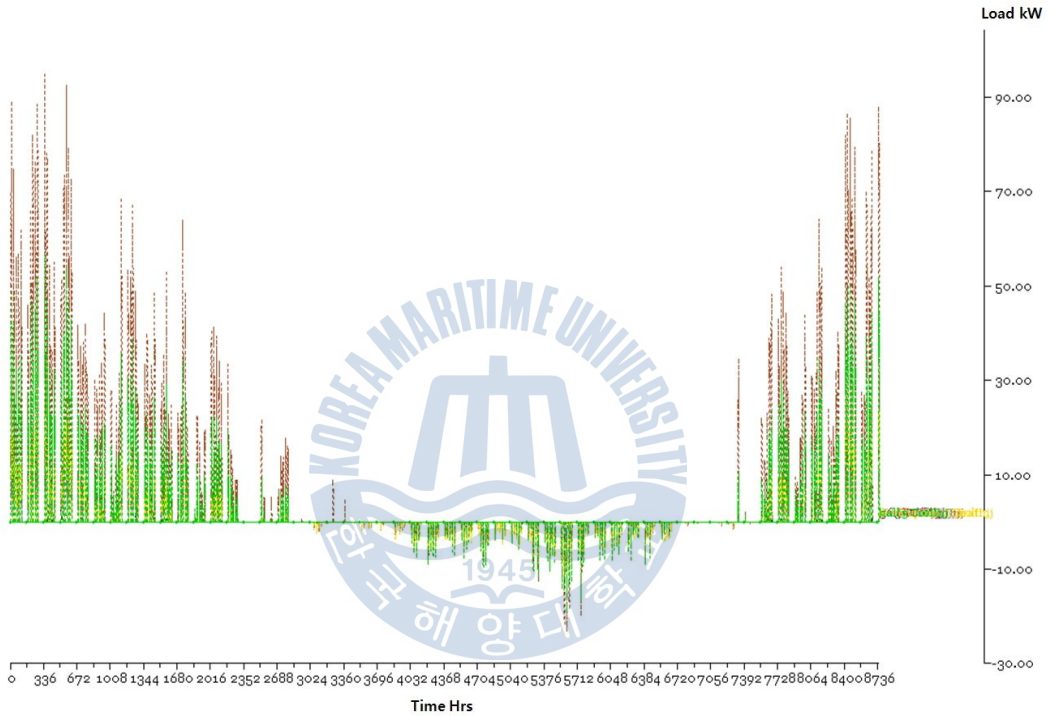
<그림 4.19> 2008년도 기상청 데이터 이용한 시각별 냉난방부하

<표 4.15> 2008년도 기상청 데이터 이용한 해석 대상 공간별 냉난방부하

| | | 냉방부하 (kWh/년) | 난방부하 (kWh/년) |
|------------|-------|---------------|---------------|
| 1층 | 매 점 | 2,444 | 2,507 |
| | 농 협 | 2,463 | 6,438 |
| | 우체국 | 1,707 | 7,039 |
| | 3 6 5 | 789 | 1,264 |
| | 민원실 | 794 | 2,972 |
| 2층 | 식 당 | 2,778 | 13,114 |
| 3층 | 식 당 | 3,124 | 12,473 |
| | 서 점 | 710 | 7,999 |
| | 안 경 | 1,988 | 2,478 |
| | 사무실 | 1,365 | 1,692 |
| 4층 | 개발원 | 3,576 | 6,774 |
| | 예비군 | 825 | 1,502 |
| | 보건실 | 413 | 4,543 |
| | 감상실 | 620 | 4,733 |
| 5층 | 식 당 | 2,761 | 18,622 |
| 합 계 | | 26,357 | 94,150 |

4.4.2.4 2009년 기상데이터

2009년 기상청 데이터를 적용하여 Esp-r로 시뮬레이션을 실행해 보았을 때 그 결과 <표 4.16>에 나타난바와 같이 총 15개 해석공간에 대하여 총 냉방부하는 20,026kWh, 난방부하는 89,199kWh로 역시 냉방부하보다 난방부하가 많이 발생 하였다.



<그림 4.20> 2009년도 기상청 데이터 이용한 시각별 냉난방부하

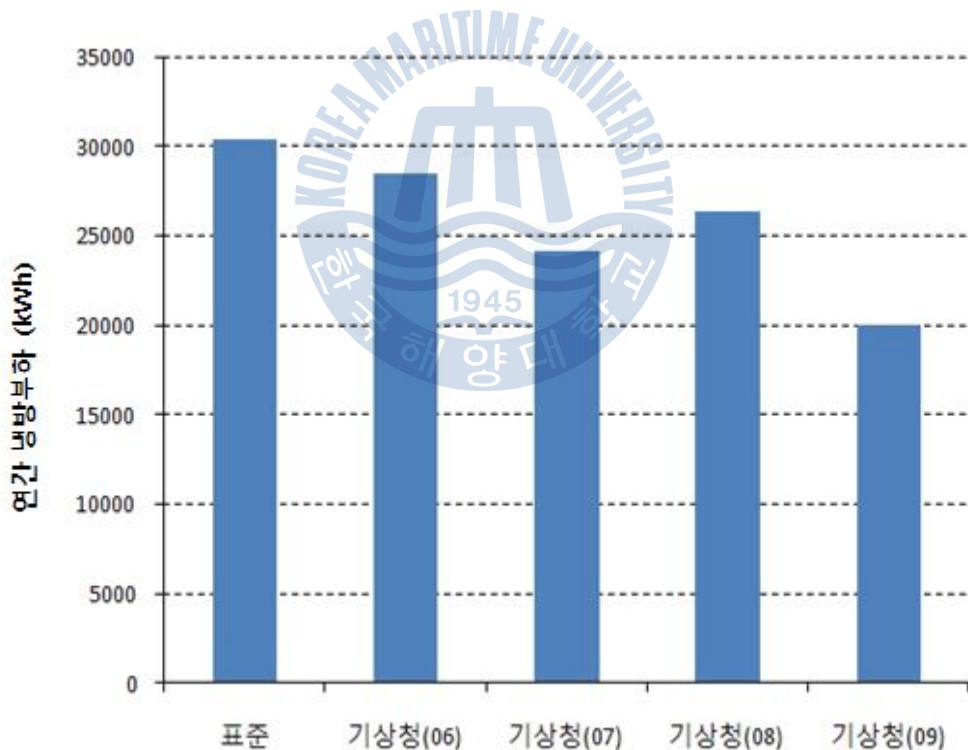
<표 4.16> 2009년도 기상청 데이터 이용한 해석 대상 공간별 냉난방부하

| | | 냉방부하 (kWh/년) | 난방부하 (kWh/년) |
|-----|-------|--------------|--------------|
| 1층 | 매 점 | 2,261 | 2,366 |
| | 농 협 | 1,958 | 6,180 |
| | 우체국 | 1,203 | 6,459 |
| | 3 6 5 | 700 | 1,130 |
| | 민원실 | 587 | 2,833 |
| 2층 | 식 당 | 1,799 | 12,557 |
| 3층 | 식 당 | 2,172 | 11,919 |
| | 서 점 | 335 | 7,577 |
| | 안 경 | 1,777 | 2,317 |
| | 사무실 | 1,273 | 1,557 |
| 4층 | 개발원 | 3040 | 6,384 |
| | 예비군 | 720 | 1,407 |
| | 보건실 | 173 | 4,345 |
| | 감상실 | 287 | 4,473 |
| 5층 | 식 당 | 1,741 | 17,695 |
| 합 계 | | 20,026 | 89,199 |

4.4.3 냉난방부하 차이

4.4.3.1 냉방부하 차이

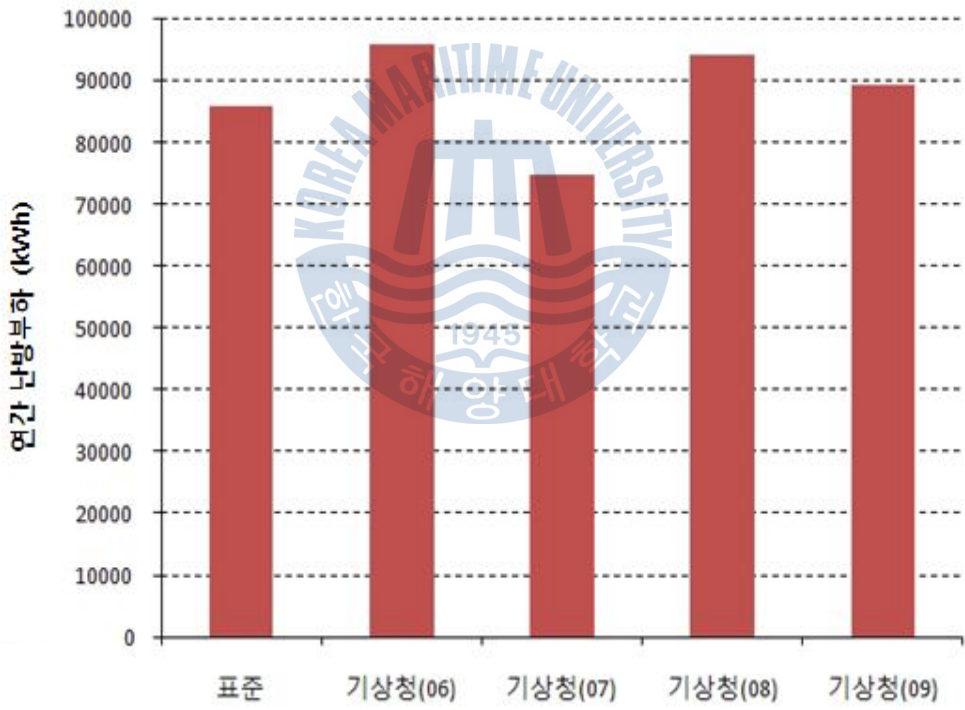
표준기상데이터와 2006년, 2007년, 2008년, 2009년의 기상청 데이터에 의한 각 냉방부하 차이를 살펴보면 <그림 4.19>와 같다. 냉방부하가 30,369kWh 나타난 표준기상데이터는 2006년의 냉방부하와는 1,892kWh 감소, 2007년에는 6,248kWh 감소, 2008년에는 4,012kWh 감소, 마지막으로 2009년에는 가장 많은 차이를 보이는 10,343kWh가 적게 나타났다. 냉방부하는 <그림 4.14>의 여름철(7월~8월) 평균온도 차이를 보며 예상했던 결과와 마찬가지로 표준기상데이터보다 낮은 냉방부하가 나타났다.



<그림 4.21> 연간 냉방부하 비교

4.4.3.2 난방부하 차이

표준기상데이터와 2006년, 2007년, 2008년, 2009년의 기상청 데이터에 의한 각 난방부하 차이를 살펴보면 <그림 4.20>와 같다. 난방부하가 86,049kWh 인 표준기상데이터와 비교해 보았을 때 2006년의 난방부하는 9,864kWh 증가하였고 가장 많은 차이를 보이는 2007년에는 11,372kWh 감소하였다. 2008년에는 8,101kWh 증가하였고, 마지막으로 2009년에는 난방부하가 3,150kWh 증가함을 보였다. 난방부하는 냉방부하와 반대로 2007년을 제외하곤 대부분 증가 하였다. 이러한 변화도 <그림 4.15>의 겨울철(12월~2월) 평균온도 차이를 보며 예상했던 결과와 비슷한 양상을 보이고 있다.



<그림 4.22> 연간 난방부하 비교

4.4.3.3 연간부하와 시간별 최대 부하량

표<4.17>은 각 기상데이터에 따른 연간부하와 시간별 최대 부하량을 나타낸 것으로 시간별 최대 부하량은 연간 부하량과 마찬가지로 표준기상데이터와는 많은 차이를 보이고 있고 냉방부하 보다는 난방부하가 높은 것을 알 수 있으며 시간별 최대 부하량이 높을 때 연간 부하량도 높은 것을 볼 수 있다.

최대부하 계산법으로 냉난방기 용량을 산정함에 있어서 여름철(7월~8월)과 겨울철(12월~2월)에 냉난방기를 작동한다고 가정하였을 때 냉난방기 상당가동 시간을 <표 4.18>에 나타냈다. 먼저 냉방에서 살펴보면 표준기상데이터를 기준으로 2006년과 2007년에는 보다 낮은 가동률을 보인 반면에 2008년에는 10% 높은 가동률을 나타냈고, 난방에서는 표준기상데이터 보다 높은 가동률을 나타내고 있다.

<표 4.17> 연간부하와 시간별 최대 부하량

| | | 표 준 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|---------------|----|--------|--------|--------|--------|--------|
| 냉방부하 (kWh) | 최대 | 153 | 162 | 124 | 109 | 116 |
| | 연간 | 30,369 | 28,477 | 24,121 | 26,357 | 20,026 |
| 난방부하 (kWh) | 최대 | 316 | 316 | 255 | 302 | 317 |
| | 연간 | 86,049 | 95,913 | 74,677 | 94,150 | 89,199 |

<표 4.18> 최대부하계산법에 의한 냉난방기 상당가동 시간

| | | 표 준 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|-------------------|----|-----|------|------|------|------|
| 상당가동 시간 (%) | 냉방 | 45 | 40 | 44 | 55 | 40 |
| | 난방 | 43 | 47 | 46 | 49 | 44 |

제 5 장 결 론

본 연구는 현재 대부분의 건물에너지해석 프로그램은 표준기상데이터를 이용하여 건물의 설계 단계에서 냉난방시스템의 용량 선정이나 1년 또는 일정 기간 동안의 에너지 소비량을 예측하고 건물 운영에 필요한 에너지 비용을 산출하기 위해 건물의 냉난방 부하 계산을 한다. 하지만 표준기상데이터가 시시각각 변화하는 기후변화에 대응하기엔 부적합하다고 판단하였기에 Esp-r이라는 건물에너지해석 프로그램을 가지고 대상건물을 선정하여 최근 4년간의 기상청 기상데이터를 가지고 표준기상데이터와 냉난방부하를 비교해 보았다.

2010년 11월25일부터 2010년 12월 5일까지의 기간 동안 대상건물에서 직접 측정된 실측 데이터와 기상청 데이터 그리고 표준기상데이터를 가지고 건구 온도와 상대습도, 일사량, 난방부하를 비교 하였다. 실측 데이터와 기상청 데이터와는 비슷한 분포를 보이는 반면에 표준기상데이터와는 온도, 습도 차이는 26일 오후에 약 10℃와 40%, 일사량 차이는 27일에 360W/m²으로 큰 차이를 보이고 있다. 난방부하는 표준기상데이터에서는 3,145kWh가 발생하는 반면에 실측 데이터는 5,716kWh, 기상청 데이터는 6,517kWh로 기후인자와 비슷한 양상을 보이고 있다.

기후변화의 영향에 따른 냉난방부하 특성을 분석하기 위해 최근 4년간의 부산시 기상청 데이터와 표준기상데이터의 냉난방부하를 비교 하였다.

먼저 냉방부하를 살펴보면 표준기상데이터를 입력했을 때는 30,369kWh라는 결과가 나왔고 2006년부터 2009년까지의 기상청 데이터를 입력하였을 때는 28,477kWh, 24,121kWh, 26,357kWh, 20,026kWh 순으로 표준기상데이터와의 냉방부하 차이가 크게 나타났다.

다음으로 난방부하 차이를 살펴보면 표준기상데이터를 입력하였을 때 86,049kWh라는 결과 값을 보였고 냉방부하와 마찬가지로 2006년부터 2009년까지의 기상청 데이터를 입력하였을 때 95,913kWh, 74,677kWh,

94,150kWh, 89,199kWh 순으로 난방부하도 표준기상데이터의 난방부하와 많은 차이를 보이고 있다.

시간별 최대 부하량은 표준기상데이터 입력시 냉방은 153kWh 난방은 316kWh가 나타났고 2006년부터 2009년까지의 기상청 데이터 입력하였을 때는 냉방부하 162kWh, 124kWh, 109kWh, 116kWh 난방부하 316kWh, 255kWh, 302kWh, 317kWh 순으로 나타났다.

최대부하 계산법으로 냉난방기 용량을 산정함에 있어서 여름철(7월~8월)과 겨울철(12월~2월)에 냉난방기를 작동한다고 가정하였을 때 표준기상데이터 적용시 냉방은 45% 난방은 43% 2006년부터 2009년까지의 기상청 데이터를 입력하였을 때는 냉방은 40%, 44%, 55%, 40% 난방은 47%, 46%, 49%, 44% 순으로 나타났다.

결과적으로 살펴보면 각 기상데이터에 따른 냉난방부하 차이는 Esp-r에서 기상데이터를 제외한 여러 입력값을 동일한 상태로 했기 때문에 기상데이터만의 변수에 의한 결과이다. 처음에 예상했듯이 표준기상데이터는 급변하는 기후 변화와 많은 차이를 보이고 있는 것을 확인 하였으며 기상청 데이터를 적용한 냉난방부하도 매년 많은 차이를 보이고 있다.

참 고 문 헌

- [1] 현석균, 「건물 냉난방 에너지의 동적 성능 시뮬레이션」, 경희대 대학원석사학위논문 (2003. 1)
- [2] 김영호, 박정원 <<空氣調和設備>>, 도서출판 보문당 (1999. 8)
- [3] 윤종호, 「건물에너지 성능평가를 위한 표준기상자료의 국내현황」, 대한설비공학회 설비저널, 32권, 8호 pp.7~14, (2003. 8)
- [4] 장용성 외 3명, 「건물의 에너지 효율을 위한 건축적 계획 방법 연구」, 대한건축학회논문집, 21권 2호, (2005. 2)
- [5] 김미현, 「건물의 열성능 평가 지표에 관한 연구」, 인하대 대학원 석사학위논문 (2008. 2)
- [6] 김지연 외 4명, 「기후변화협약 대응을 위한 건물에너지 절약 방안에 관한 연구」, 대한설비공학회 2007 하계학술발표회 논문집, pp.1113~1118 (2007. 6)
- [7] 김경률, 「서울지역의 표준기상데이터 산출방법론 비교」, 울산대 대학원 석사학위논문 (2008. 2)
- [8] 박유라, 「건물 에너지 성능평가용 서울·울산 기상데이터에 관한 연구」, 울산대 대학원 석사학위논문 (2007. 2)
- [9] 최원기, 이현근, 서승직, 「TRNSYS 제공 우리나라 TYM2 자료의 신뢰성 평가」, 대한건축학회 논문집, v.22 n.2, 2006.
- [10] 신지욱, 「인접 건축물 음영의 영향에 의한 겨울철 건물 에너지소비량의 분석 및 평가 연구」, 경원대 대학원 석사학위논문 (2008. 2)
- [11] 윤종호, 「건축물 에너지 소비량 평가 프로그램의 최근 기술동향」, 설비저널, pp. 7~11, (2002. 4)
- [12] 한국태양에너지학회, 대한민국 표준년 기상데이터, 등록번호 (2009-Busan-R-002) <<http://www.kses.re.kr>>
- [13] 기상청, 기상데이터 (2006년~2010년) <<http://www.kma.go.kr>>

감사의 글

한국해양대학교와 인연을 맺은지도 9년이라는 시간이 지났습니다. 어렵고 힘들었던 그리고 행복했던 시간이 이제 하나의 추억으로 새겨집니다. 한편의 논문을 만들기까지 많은 도움을 주신 분들을 기억하며 짧은 글을 통해 감사의 마음을 전하고자 합니다.

먼저 저만의 논문을 만들게 해주신 지도교수님이신 황광일 교수님께 진심으로 감사의 말씀을 전합니다. 많이 부족한 저를 실험실 가족으로 받아주시고 공학도가 가져야 할 마음가짐과 인생의 지혜 그리고 마지막까지 포기하지 않으시고 대학원 생활을 마무리 할 수 있게 해주신 큰 은혜 평생 잊지 않겠습니다.

이 논문이 나오기까지 논문 심사위원으로 격려와 조언을 아끼지 않으셨던 윤상국 교수님과 도덕희 교수님께도 진심으로 감사의 말씀을 전합니다.

또한 학부과정에서부터 석사과정까지의 기간 동안 많은 가르침을 주신 기계정보공학부 교수님들께도 진심으로 머리 숙여 감사의 말씀을 전합니다.

학교에서 가족이나 다름없는 환경설비실험실에 식구들 몇 번 만나보진 못했지만 일본 타지에서 박사과정인 동걸이 형 많은 조언 감사했습니다. 그리고 늙은 학부생 잉찬이, 5년 동안 같이 생활해온 덕인이, 바른생활인 재혁이, 까불이 현인이, 행복 바이러스 다혜, 춤 잘추고 노래 잘하는 소리, 그리고 막내 착한 별이 까지 힘들 때 마다 옆에서 응원해준 이쁜 동생들이 있었기에 행복한 대학원 생활을 할 수 있었습니다. 정말로 고맙고 사랑합니다.

학부생부터 지금까지 저에게 많은 힘이 되어주고 있는 두목 일걸이 형부터 해서 동환이 형, 상현이 형, 보성, 현욱, 성용, 재윤, 수영, 소연, 일영, 재호, 승호, 승환, 유현, 봉규, 수민, 동혁, 창목, 승엽, 준경, 진우, 현수, 유현, 형탁, 형준과 09학번 대학원 동기인 회성이와 창제 정말로 고맙습니다.

많은 친구들이 있지만 내게 소중한 한 녀석 최유준 고맙다.

마지막으로 자기 자신 보다 항상 저를 먼저 생각해주는 부모님과 이 세상에 하나 밖에 없는 우리 누나와 매형 정말 감사하고 사랑합니다.

지금 제가 겪어왔던 일들보다 앞으로 겪게 될 일들이 얼마나 크고 험난한지 잘 알고 있습니다. 힘들 때 마다 저에게 힘이 되어주신 분들을 기억하며 이저 내도록 하겠습니다.

제가 아는 모든 분들에게 감사의 말씀을 전하며 이 논문을 바칩니다.