

Plus50 환경공생빌딩의 열성능 평가에 관한 연구

이 홍 철[†] · 황 인 주

한국건설기술연구원 화재 및 설비연구센터

A Study on the Assessment of Thermal Performance of Plus50 Eco-building

Hong-Cheol Lee[†], In-Ju Hwang

Fire & Engineering Services Research Center, Korea Institute of Construction Technology

ABSTRACT: This study describes thermal performance of Plus50 eco-building with new technology such as power window system, green wall, structure material, etc. The Plus50 eco-building is house experimental which is constructed by Korea Institute of Construction Technology. In order to estimate thermal performance of the building, TRNSYS program and Prebid, and its sub-modules are used. The results showed that maximum heating and cooling load in the building are calculated at 1st floor and 4th floor, respectively. And also energy saving of the building is calculated as over 30% compared to conventional apartment house.

Key words: Plus50 eco-building(Plus50 환경공생빌딩), thermal load(열부하), heating and cooling(냉난방)

기 호 설 명

- C : 열용량 [kJ/kgK]
- Q : 열전달량 [kJ/hr], 열전도율 [kJ/hmK], 열전달율 [W/m²K]
- T : 온도 [°C]
- t : 시간

그 리 스 문 자

- ρ : 밀도 [kg/m³]

[†] Corresponding author

Tel.: +82-31-369-0514; fax: +82-31-369-0540

E-mail address: hclee@kict.re.kr

1. 서 론

20세기 들어 급격한 산업화와 생활수준의 향상에 따라 에너지 사용이 급격히 증가하였으며, 무분별한 화석에너지 소비에 따라 심각한 환경문제를 야기하고 있다. 이와 같은 지구환경의 위기에 대비하여 산업 활동의 각 단계에서 에너지와 자원 절약과 환경보전을 위한 움직임이 활발하게 진행되고 있다.

화석에너지 고갈 및 환경문제를 완화하거나 해결하기 위한 방안으로 선진국에서는 친환경 건축 및 설비기술 개발을 적극적으로 지원하고 있으며, 이와 같은 연구는 기본적인 개념 확립 과정을 거쳐 기술적으로 실현 가능한 범위에서 요소기술을 개발하고 실증하는 단계로 진행되고 있다.

선진국에서는 친환경 건축 및 설비기술 개발을

적극적으로 지원하고 있으며, 주요 기술개발 사례로는 영국의 Integer House, 일본의 백년주택 및 NEXT21, 독일의 Passive House 등이 있다.¹⁾

이러한 기술 개발은 건축물의 내구성 향상뿐만 아니라 친환경 건축재료, 에너지 절약기술, 재이용시스템의 적용 등 에너지·자원의 효과적인 활용과 오염물질의 발생을 최소화하기 위한 방향으로 추진되고 있다. 국내에서도 환경친화형, 저에너지 소비형 공동주택 모델의 개발을 위한 연구가 다수 수행되고 있다.

본 연구에서는 한국건설기술연구원에서 시범적으로 건설하고 있는 Plus50 환경공생빌딩을 대상으로 열성능 평가를 실시하였으며, 기존 공동주택과 비교하였다. 특히 신규로 적용된 건축기술의 효과와 적용 가능성을 검토하였다.

2. 열성능 해석모델 및 방법

2.1 Plus50 환경공생빌딩

Plus50 환경 친화형 공동주택이란 Fig. 1에서 도시하고 있는 것과 같이 공간의 가변성을 고려한 실내 평면의 설계, 백년 내구성을 갖는 건축부재를 이용한 구조시스템 개발, 미활용 에너지를 이용한 순환형 에너지 이용시스템의 개발, 친환경 외피시스템 개발을 통하여 건축물의 내구성 증대시키고 에너지 사용, CO₂ 배출 등 환경부하의 저감을 목적으로 하는 시범주택이다.⁶⁾

Plus50 환경 친화형 공동주택은 남동향의 4층 8호의 공동주택을 대상으로 구성되었으며, 이중 1층은 기계실, 전기실, 기자재 실험실, 2-4층 6호가 실험세대로 설계되었다.

실험세대 중 3층과 4층의 경우 반자, 이중바다

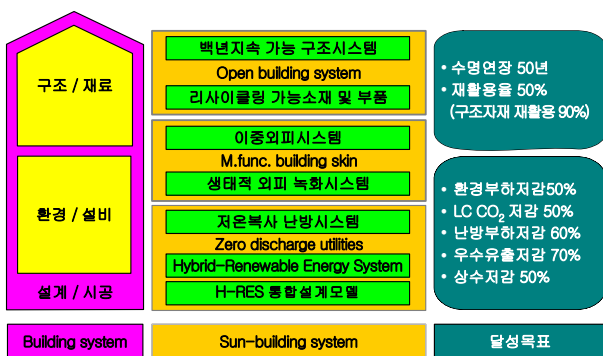


Fig. 1 Concept of Plus50 eco-building.

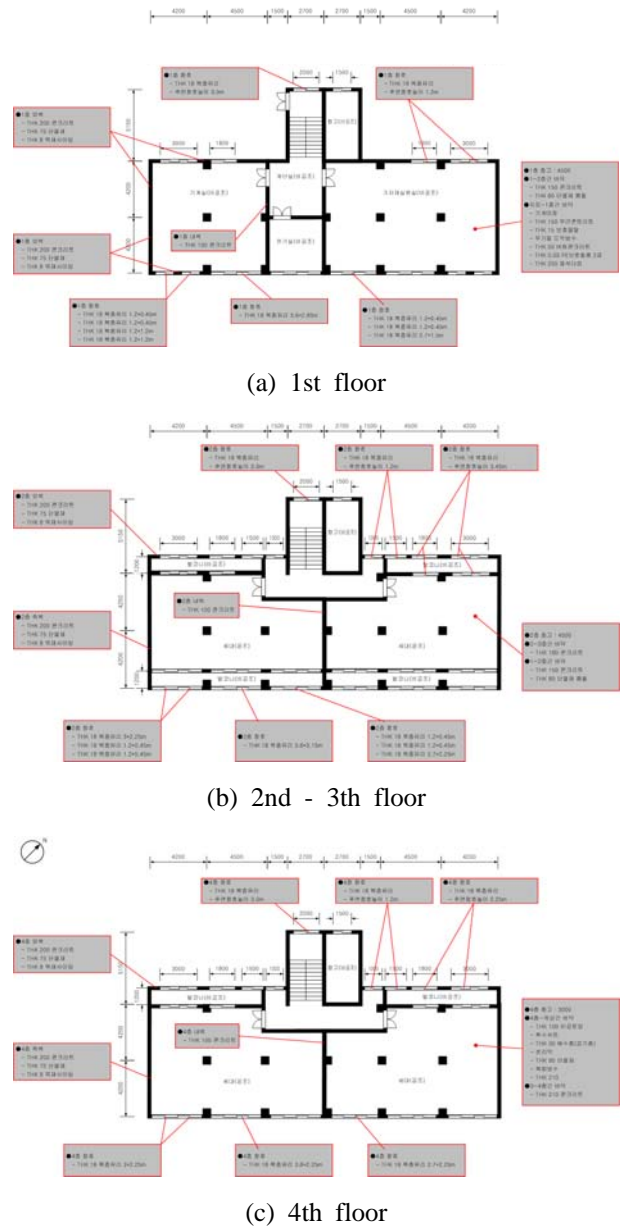


Fig. 2 The top view of each stair of Plus50 eco-building.

을 포함하여 층고 3.2 m로 구성되어 있으며, 2층의 경우 복층 구조의 실내 평면 구현을 위하여 4.5 m로 구성되어 있다.

실험주택 중 1층 기계실, 전기실, 기자재실험실 및 2~4층의 계단실, 창고, 발코니의 경우 비공조 공간이다.

2층과 3층의 경우 Fig. 2에 도시하고 있는 것과 같이 전면과 후면에 발코니가 설치되어 있는 형태이며, 4층의 경우 전면 베란다 확장 형태이다.

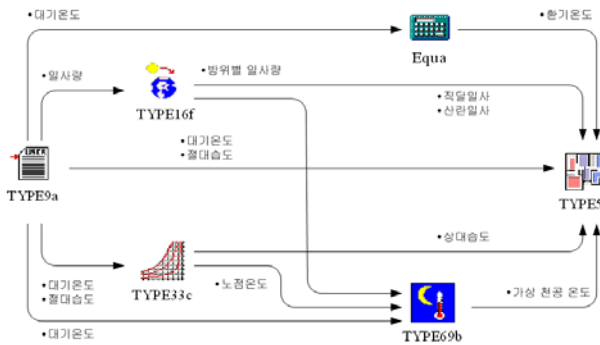


Fig. 3 Library connection for thermal load simulation.

실험주택 기초의 경우 잡석기초 위에 콘트리트, 보호몰탈 및 방수가 실시되었으며, 외벽의 경우 콘크리트와 외단열 시스템, 목재마감이 시공되었다.

층간 바닥의 경우 콘트리트 및 몰탈 마감 시공되었으며 1층과 2층 사이에 있는 층간 바닥의 경우 콘크리트 슬라브 아래에 단열재 뽀칠이 시공되었다.

최상층인 4층 옥상의 경우 콘크리트 슬라브 위에 방수필름, 단열재, 배수층, 인공토양을 이용한 식생 녹화를 실시하여 외기의 영향을 최소화 하도록 하였다. 또한 3~4층 측벽에 녹화를 실시하였다. 실험주택에 시공되는 전체 창호의 경우 저방사율을 갖는 복층 유리를 적용하였다.

2.2 평가방법 및 적용모델

Plus50 환경친화형 공동주택 열부하 해석을 위하여 미국 Wisconsin 대학에서 개발된 동적 열부하 해석 프로그램인 TRNSYS를 사용하였다.

TRNSYS는 ASHRAE의 함수 전달법에 기초하고 있으며, 건물에너지의 종합적 해석이 가능하다. Plus50 환경친화형 공동주택의 해석을 위하여 Fig. 3과 같이 기본적인 TRNSYS 해석 모델을 작성하였다.

건물 열부하에 영향을 주는 외부 기상인자는 기온, 습도, 일사량, 풍속, 풍향 등이 있으며, 외부와의 복사에 의한 열전달을 해석하기 위하여 가상의 천공온도를 필요로 한다.

Figure 3은 이러한 외부 영향의 계산을 위한 TRNSYS 데이터 흐름을 도식화하고 있는 그림이다.

Type 9 DB 연계 모듈을 이용하여 외부 기온, 습도, 일사량, 풍속, 풍향 등 기상자료를 호출하며, Type 16, Type 33, Type 69 모듈을 이용하

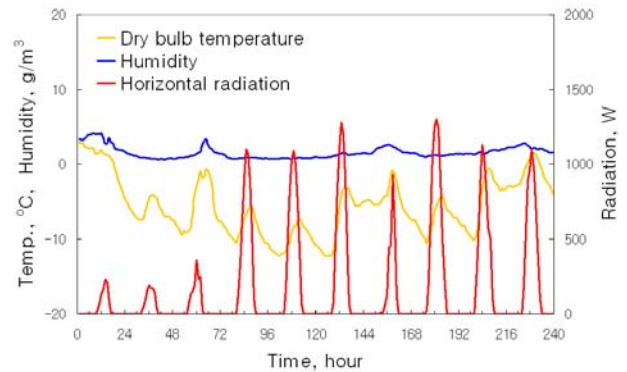


Fig. 4 Weather data for simulation during 240 hours in Seoul.

여 방위별 일사량, 상대습도, 천공온도 등을 계산하고 Type 56 multi zone building 모듈에 제공하게 된다.

또한 Plus50 환경 친화형 공동주택 모델의 경우 옥상 및 벽면에 녹화를 실시하고 있으며, 에너지 절감을 위하여 Power windows system을 채택하고 있다. 이중 Power windows system의 모사를 위하여 Equa 모듈을 이용 환기 시 유입 유입온도를 보상하였다.

Figure 4는 냉난방부하 해석에 활용된 외부 입력 데이터의 일부로서 난방기 외기 온도, 습도, 일사량을 도시하고 있는 그림이다.

2.3 해석조건

건물 열 부하 해석 프로그램인 TRNSYS는 대상 건물의 간단한 열부하 해석 및 multi zone 모델에 대한 모델링을 위하여 Type 56의 multi zone building 모듈을 제공하고 있다.

Table 1 Thermal properties of material of Plus50 eco-building.

구분	열전도율 (kJ/hmK)	열용량 (kJ/kgK)	밀도 (kg/m ³)
PC콘크리트	5.46	0.798	2400
일반콘크리트	5.04	0.882	2200
몰탈	5.46	0.798	2000
스티로폼단열재	0.1344	1.26	28
석고보드	0.63	1.134	910
잡석	10.67	1.0	2000
목재사이딩	0.15	1.3	550
방수필름	0.07	2.09	40

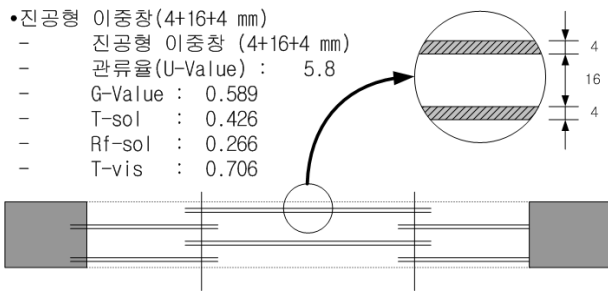


Fig. 5 The structure and material properties of windows for Plus50 eco-building.

TRNSYS 내부 프로그램인 Prebid는 Type 56 multi zone building 모듈에 연계되어 종합적인 동적 열 부하해석을 실시하게 된다.

본 연구에서는 좌우 대칭인 실험주택의 남서쪽 1/2 모델을 이용하여 열 부하 해석을 실시하였다. 남서쪽 세대와 북동쪽 세대 경계면의 경우 단열 조건을 적용하였으며, 세대 내 경계면, 바닥면의 경우 adjacent 조건을 적용하였다.

측벽 및 최상층 식생 녹화부분에 녹화 지지판(단열재+마그네슘보드)을 이용한 추가 단열 효과를 반영하였으나, 식생에 의한 일사 차단효과는 무시하였다.

전면 Power windows system의 모사를 위하여 별도 계산된 보상 환기 온도를 반영할 수 있도록 하였으며, 침기의 경우 외기 온도를 직접 적용하였다.

콘크리트, 석고보드, 몰탈, 단열재의 경우 Prebid 내부 library를 이용하였으며, 토양, 잡석, 목재, 방수 필름 등의 경우 Thermodynamic handbook의 DB를 이용하여 활용하였다.

실험주택의 모든 창호는 Low-E glass를 이용한 진공형 이중창호를 적용하였으며, 구조 및 물성치를 Fig. 5에 도시하였다.

실험주택 열 부하 해석을 위하여 난방의 경우 24℃, 냉방의 경우 26℃의 실내 온도를 유지하도

Table 2 Ventilation and infiltration schedule.

시 간	환기량(회/h)	침기량(회/h)
00:00 ~ 08:00	0.0	0.3
08:00 ~ 10:00	0.3	0.3
10:00 ~ 17:00	0.5	0.3
17:00 ~ 20:00	0.3	0.3
20:00 ~ 24:00	0.0	0.3

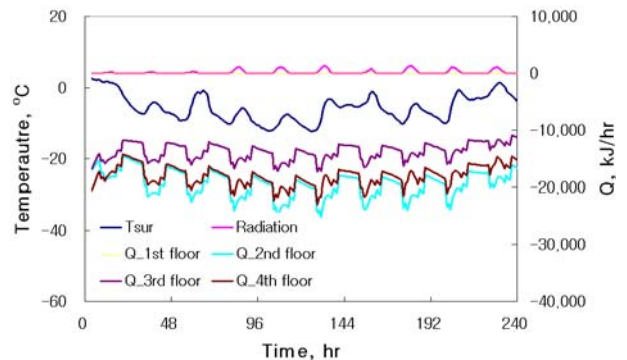


Fig. 6 Heating load of each stair of Plus50 eco-building.

록 하였다.

3. 평가결과 및 고찰

TRNSYS, Prebid 해석 모델 및 한국 주요 도시의 표준기상데이터 중 Fig. 4에 도시하고 있는 서울 지역의 표준기상데이터를 이용하여 Plus50 환경친화형 공동주택의 난방 및 냉방부하 해석을 실시하였으며, 2001년에 시공된 J 건설사의 공동주택과 부하 비교를 실시하였다.

Figure 6은 Plus50 환경친화형 공동주택의 난방부하 특성으로 난방 운전 초기 240 시간의 결과를 도시하고 있다.

일사량 및 외기온도 변화에 따라 세대별 6,063~25,000 kJ/hr 범위에서 난방 부하가 발생하고 있으며, 외기온도가 최저인 4~5일차 기간 동안에 최대 난방부하가 발생하고 있다.

층별 최대 난방 부하의 경우 2층, 3층, 4층 순으로 25,261 kJ/hr, 17,303 kJ/hr, 23,031 kJ/hr의 난방부하가 발생하여 3층에 비하여 2층, 4층에서

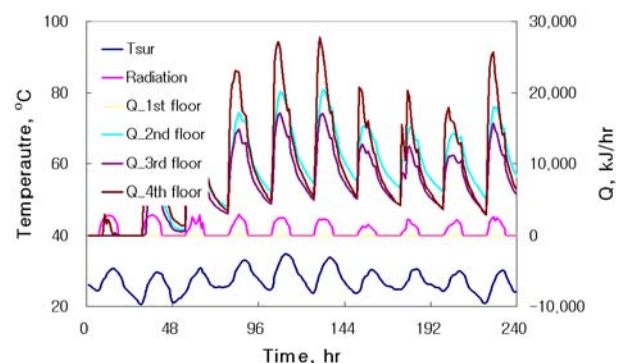


Fig. 7 Cooling load of each stair of Plus50 eco-building.

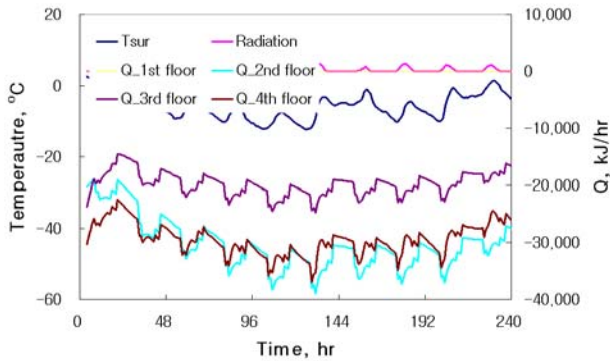


Fig. 8 Heating load of each stair as insulation condition of apartment houses J in winter.

약 46%, 33%의 난방부하 증가가 나타나고 있다. 2층, 4층의 경우 외기와 직접 접해 있으며 2층의 경우 4.5 m 높이의 층고에 따라 난방 부하가 크게 발생한 것으로 판단되어진다.

Figure 7은 Plus50 환경친화형 공동주택의 냉방부하 특성으로 냉방 운전 초기 240 시간의 결과를 도시하고 있다.

일사량 및 외기온도 변화에 따라 세대별 0~31,856 kJ/hr 범위에서 냉방부하가 발생하고 있으며, 외기 온도가 최대인 4~5일차에 기간 동안에 최대 냉방부하가 발생하고 있다.

층별 최대 냉방 부하의 경우 2층, 3층, 4층 순으로 최대 22,262 kJ/hr, 18,623 kJ/hr, 31,856 kJ/hr의 냉방부하가 발생하고 있다.

난방에서와 같이 2층과 4층의 냉방부하가 크게 발생하고 있다.

다만 냉방의 경우 Fig. 6과 비교하여 볼 때 4층에서 최대 냉방부하가 발생하고 있다. 이는 최상층의 수평면 일사가 냉방부하로 작용하는 것에 기인한 것으로 판단되어진다.

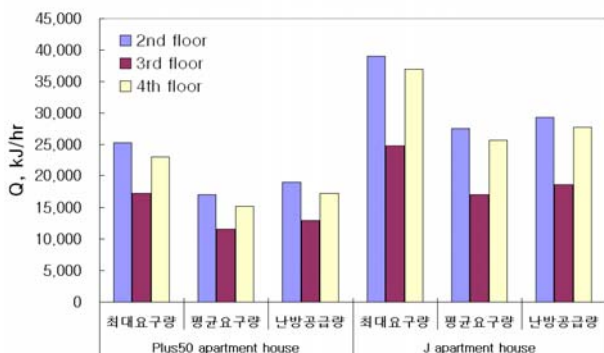


Fig. 9 Comparison of heating load between Plus50 eco-building and apartment house J in winter

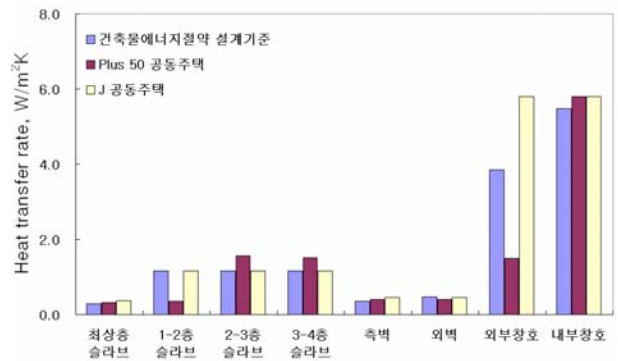


Fig. 10 Comparison of heat transfer rate between building design guide for energy saving, Plus50 eco-building and apartment house J.

Figure 8의 경우 Plus50 환경친화형 공동주택과 비교를 위한 것으로서 2001년 입주가 시작된 J 공동주택의 동절기 난방부하를 도시하고 있는 그림으로 외기온도 및 일사량의 변화에 따라 11,227~38,983 kJ/hr의 난방부하가 발생하고 있다. Fig. 6의 Plus50 환경친화형 공동주택과 같은 기간의 기상데이터를 적용하였기 때문에 4~5일차 난방 부하가 가장 크게 나타나고 있다.

Figure 9는 Plus50 공동주택과 J 공동주택 열부하의 정량적 비교를 위하여 도시한 그림으로 난방 층별 난방요구량이 43~51% 높게 나타나고 있다.

이는 Fig. 10에 도시하고 있는 것과 같이 1~2층 비공조 공간 접면부의 단열 보강 및 외부 창호의 개선 결과로 판단되어지며, 최상층 및 측면 녹화 과정의 단열 보강의 영향으로 판단되어진다.

4. 결 론

이상과 같이 Plus50 환경공생빌의 열부하를 해석하고, J 공동주택의 비교하였으며, 주요 결과를 다음과 같이 요약하였다.

TRNSYS 및 Prebid 등을 이용하여 Plus50 환경공생빌딩의 power window system 등과 같은 건축요소기술을 고려한 열부하 해석과 개선이 가능함을 확인하였다.

그리고 Plus50 환경공생빌딩의 경우에 외부 벽체 및 옥상의 식생녹화, 에너지 절감을 위한 단열의 강화, 창호시스템의 개선 등을 통하여 기존 공동주택에 비하여 약 30% 이상의 순수 난방부

하가 저감됨을 확인하였다.

향후 이상의 결과는 연군 냉난방기, 중간기에 걸쳐 종합적으로 평가할 계획이다.

후 기

본 논문은 한국건설기술연구원에서 공공기술이 사회의 지원으로 수행중인 ‘PLUS50 환경공생 빌딩 건축기술개발사업-에너지자원 유효이용을 위한 순환형 공급처리기술 개발’ 과제의 일부 결과임을 알립니다.

참고문헌

1. Steinbock, J. Eijadi, D. McDougall, T., Net Zero Energy Building Case Study: Science House, ASHRAE transactions, 113(1), pp.26-35, 2007.
2. H. S. Yoo, J. H. Chung, J. H. Moon, J. H. Lee, Proposal of Unit Building Method for Calculating Unit Heating Load of Apartment Houses, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol.19, No.1, pp.68-76, 2007.
3. S. H. Cho, Application Study of Reinforcement Learning Control for Building HVAC System, International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration, Vol.14, No.4, pp.138-146, 2006.
4. D. H. Kim, H. K. Hong, H. S. Yoo, O. J. Kim, Simulation and Verification Experiment of Cooling and Heating Load for a Test Space with Forced Ventilation, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol.18, No.12, pp.947-954, 2006
5. T. K. Ann, Evaluation for Thermal Performance of Apartment House Top Floor using Roof Planting System, Journal of Korean Society of Living and Environment System, Vol.10 No.3, pp.182-186, 2003.
6. H. C. Lee, I. J. Hwang, A Preliminary Study on the Analysis Model of Energy System based on Fuel Cell for Apartment House, Proceedings of the KSME 2003 Autumn annual Meeting, 2003.
7. S. K. Hyun, Dynamic Performance Simulation of Building Energy for Heating and Cooling, Kyunghee Univ., 2003.
8. D. C. Kim, Development of the Standard Weather Data for Use in HASP Program for the Major Cities in Korea, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol.22, No.4, pp.289-298, 1993.
9. 건축물 에너지 절약 설계기준, 건설교통부, 2004.