

실내기후실험실 단축 실험을 위한 해석 기법

최 상 현*, 배 철 호*, 정 모*, 경 남 호**, 서 향 석**

* 영남대학교 대학원 기계공학과, *영남대학교 기계공학부, **한국에너지 기술 연구소

An Analysis of Shortened Experiments for Environmental Chamber

Sang-Hyun Choi*, Cheol-Ho Bai*, Mo Chung*, Nam-Ho Kyong**, Hang-Suk Suh**

† Department of Mechanical Engineering, graduate school, Yeungnam University, Kyongbuk 712-749, Korea

*Department of Mechanical Engineering, Yeungnam University, Kyongbuk 712-749, Korea

**Korea Institute of Energy Research, Deajun 305-343, Korea

(Received April, 1, 1999; revision received January 10, 2000)

ABSTRACT: Environmental chamber (EC) is an experimental facility used to analyze the characteristics of thermal response of testing objects by the artificial control of weather conditions. The EC in KIER can simulate the weather conditions by the control of temperature, humidity, and solar radiation. A two-storied testing building is located inside of EC. For the exact thermal response analysis of testing building, monthly or yearly scheduled operations are necessary. Although this long term operation gives the exact experimental data, it requires a high operational cost, long duration, and lots of manpower. Therefore it is necessary to perform the shortened experiments without sacrificing the validity of the obtained results. Since the characteristics of thermal response from the shortened experiments are different from the full time results, the analytical method to analyze the thermal response from the shortened experiments to estimate a full times results is developed in this study. The thermal response of testing building is performed using commercial software TRNSYS.

Key Words: Environmental chamber(실내기후실험실), Shortened experiments(단축실험), Thermal response of building (건물열부하반응), Scale factor(비례율)

기 호 설 명

c_p : 정압 비열 [J/kgK]
 h : 열전달 계수 [W/m²K]
 k : 각 재료의 열전도도 [W/mK]
 \dot{m} : 질량 유량 [kg/s]
 \dot{Q} : 열전달율 [W]

t : 각 재료의 두께 [m]
 T : 온도 [K]

하첨자

c : 대류 열전달
 i : 특정 구역
 in : 실내
 out : 실외

† Corresponding author
Tel. : +82-53-812-0722 ; fax: +82-53-813-3703
E-mail address: mailnow@orgio.net

1. 서 론

실내기후실험실(environmental chamber)은 실험실 내의 공기 조건을 자연의 기후 조건과 유사하게 재현하여 피 시험체의 각종 기후에 따른 특성을 실험하는 장치로서 기본적으로 온도와 습도에 대한 제어가 필요하다. 한국에너지기술연구소(KIER) 소재 주택 시험용 전천후 실험 장치에는 시험실 내부에 시험체 건물이 설치되어 있으며, 온도 제어 범위가 -25 ~ 50°C, 습도 제어 범위가 30 ~ 90%이며, 일사량 등을 제어할 수 있는 추가 설비를 하고 있다.⁽¹⁾ 이러한 실내기후실험실 장치는 인공적으로 재현된 환경 조건 아래에서 시험체 건물의 동특성, 정특성 실험을 통한 열성능 특성을 파악하고 궁극적으로는 건물의 에너지 사용 절감과 쾌적한 주거 환경의 실현이 목적이다. 시험체 건물의 정확한 열적 성능 파악을 위하여서는 시험체 건물의 외기 조건뿐만 아니라 실내의 온도 및 습도 역시 외부 측과는 별도로 제어되어야 하고, 시험체 외부 조건에 대한 일간 또는 월간의 프로그램을 만들어 장시간의 연속 운전이 필요하다.

장시간의 연속 운전을 통한 실험은 정확한 데이터를 제공하는 장점이 있지만 실험에 소요되는 시간 및 비용이 상당히 크기 때문에 적절하게 조정된 시간에 대한 실험(단축실험)을 통하여 시험체 건물의 특성을 파악하는 것이 중요하다. 그러나 하루 24시간의 외기 조건 변화를 짧은 시간, 예로서 6시간의 변화로 바꾸어 실험하는 경우 외부 조건의 변화에 반응하는 시험체 건물의 열적 응답 특성이 달라지게 되므로 서로 다른 변화 주기에 대한 시험체 건물의 열적 특성에 대한 정확한 이해와 상사성에 대한 연구가 필요하게 된다. 이러한 연구를 토대로 짧은 시간에 행하여진 실험 결과를 실시간 응답 특성으로 해석할 수 있으며, 역으로 실험 조건의 변화를 적절하게 조절하여 측정된 시험체 건물의 열적 특성이 실시간 응답 특성이 되도록 할 수도 있다.

2. 실내기후 실험실 및 시험체 건물

본 연구에 적용된 실내기후 실험실은 한국에너지기술연구소에 설치되어 있는 전천후 실내 기후 실험동으로 용적이 약 1,400 m³ (12.6 m×10.8 m

× 10.5 m(H)) 이고 최대 규모 약 120 m³(6.9 m×8.7 m×10.5 m(H)) 인 실물 크기의 건물을 실험동 내에서 실험, 실측할 수 있으며, 제원은 Table 1에 나타나있다. 실험실 내부에는 24평 규모의 2층 라멘조 시험건물이 설치되어 있다.⁽¹⁾ 시험건물 내부는 4개의 방과 복도로 구성되어 있으며, 각각 온도, 공조 설비 및 사무실 등의 열특성 실험을 수행할 수 있는 설비를 구비하고 있다. 시험체 건물의 개략적인 구조가 Fig. 1에 나타나 있다.

실내기후실험실내 시험체 건물의 각 벽체를 구성하는 건축자재와 단열재료들의 물성치를 Table 2에 나타내었다.⁽²⁻⁴⁾

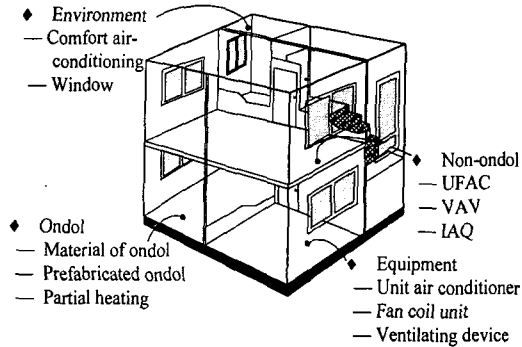
3. 건물의 열반응 해석

3.1 열반응 해석시스템 구성

TRNSYS는 태양에너지 뿐 아니라 건물에서의 다양한 에너지 이용 시스템과 집열기, 저장조, 배관 등 각 구성 요소의 열적 거동 및 이들 부품간의 정보 출입 관계와 전체 시뮬레이션의 통제에 필요한 정보를 기술하고 관리한다.

Table 1 Dimension of environmental chamber

Content	Experimental chamber
effective volume	12.6m(L)×10.8m(W)×10.5m(H)
temperature range	-25 ~ 50°C
humidity range	15°C DB : dew point 2°C ± 1°C 24°C DB : dew point 10 ~ 22°C ± 1°C 24°C DB : dew point 10 ~ 22°C ± 1°C
temperature variation rate	temperature decrease rate 8°C/h at 0°C temperature increase rate 10°C/h at 20°C



◆ Experiment for thermal performance of the structure related to a building and an air conditioning facility.

Fig. 1 Structure of experimental building in the environmental chamber.

또한 건물에서의 에너지 수급과 관련한 광범위하고 다양한 모사가 가능하며, 정밀도나 복잡도에 따라 계산의 범위나 정확성을 결정할 수 있다.⁽⁵⁾

건물 에너지 성능평가 모델로 TRNSYS의 Type 56 다중 영역 모듈(Multi-zone module)을 사용하였다. 건물의 열적 반응을 해석하기 위한 TRNSYS 해석 시스템은 Fig. 2의 IisiBat window 시스템 구성도에 나타나 있다. 시스템은 기상 자료를 읽어 들이는 기상자료 판독기,

Table 2 Thermal properties of building materials and insulations

Material	Conductivity (kJ/hmK)	Capacity (kJ/kgK)	Density (kg/m ³)
concrete	7.56	1.0	2400
cement brick	5.44	0.84	1922
brick, fired clay	2.55	0.84	1650
sand-gravel	2.52	1.0	1800
pumice-gravel	0.68	1.0	1000
styrofoam	0.13	-	30
plastercard	0.76	1.0	900
air layer	0.047	-	-
cement-mortar	5.04	1.0	2000
plywood	0.54	1.2	800
copper	1340	0.419	8300

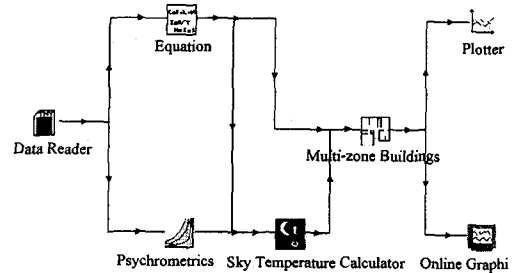


Fig. 2 Schematic of IisiBat Window model for TRNSYS simulation.

건·습구 온도, 상대습도 등의 물성치를 계산하는 psychrometrics, 건물의 외피와 대기의 장파복사 열전달량을 계산하는 천구온도 계산기(sky temperature calculator), 그리고 모델링 대상인 실내기후실험실내 실험동 건물 부하 등으로 구성되어 있다.

3.2 연간 기상 자료(TMY)

TRNSYS는 기상 자료 판독기(data reader) 혹은 기상 자료 생성기(weather data generator)를 이용하여 외부 기상자료를 인식한다. 통상적으로 자료 판독기는 매시간 간격의 연간 기상 데이터 파일인 TMY(Typical Meteorological Year)형태의 기상파일을 인식 하는 반면, 가상 자료 생성기는 월별평균기상자료를 인식하여 내부처리 과정을 거쳐 매시간별 기상자료를 출력한다.⁽⁶⁾

다양한 기상 조건 변화에 따른 실내기후실험실내 실험동의 열적 거동을 살펴보기 위해 본 연구에서는 시간별 기상자료의 임의 변경이 용이한 사용자 정의 TMY 기상파일을 사용하였다.

Fig. 3은 기상자료의 일례로서 8월1일 L.A의 기상자료를 나타내고 있으며 단축 실험 해석을 위해 주어진 기상자료를 6시간, 12시간으로 단축 하였을 때의 결과도 함께 나타내었다.

건물내의 열적 거동의 파악을 위해서는 벽체와 지붕, 바닥, 창문 등 건물외피의 기하학적 형상 및 구성, 각 재료들의 열적 물성치, 냉·난방부하, 각종 취득열량, 즉 침입 공기량, 환기량, 태양

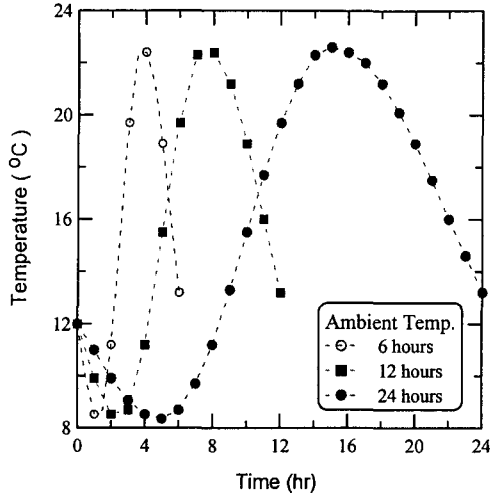


Fig. 3 Ambient temperature for a various time in L.A.

열에 의한 취득열량, 인체나 기구 등에 의한 취득열량 등에 관한 상세 묘사가 필요하며 이러한 요소들의 시간별, 계절별 특성 변화도 고려되어야 한다. 본 연구에서는 이러한 건물의 특성 묘사를 위해 PREBID와 BID를 사용하였다.

3.3 조닝(Zoning) 및 벽체 구성

건물의 공기조화를 위해서 각각의 구간을 사용 목적, 사용시간, 공간상의 제약성, 부하 특성에 따라 몇 개의 존(zone)으로 나누어 그에 상응하는 냉·난방부하의 계산, 공조 설비의 선정, 배치를 통한 각 존의 부하에 따라 송풍온도의 개별적 제어와 건물 전체에 걸쳐 항상 일정한 실온을 유지하기 위한 조닝(zoning)은 매우 중요하다.⁽⁷⁾

본 연구에서는 건물 내의 사용목적과 공간적 분리성을 바탕으로 공간적 특성상 1층과 2층, 1층과 2층을 공유하며 외부부하 특성에 민감한 복도 구역으로 분류하고, 1층은 다시 온돌 실험실과 설비실험실로, 2층은 비온돌 실험실과 환경 실험실로 나누어(Fig. 4) 각 구역의 열적 거동을 살펴 보았다.

건물의 벽체, 창호 등 외피를 통한 열전달량은 건물 열부하의 상당 부분을 차지함으로 외피의 구조 및 배열, 각 재료의 열 특성에 관한 규명은 매우 중요하다. 시험체 건물의 벽체를 외벽, 구역

과 구역을 분할하는 내부벽, 바닥, 천장 등으로 분류하고, 설계도면을 근거로 하여 각 부분의 재료 및 물성치는 TRNSYS PREBID 수록 표준목록을 바탕으로, 비수록 재료분에 대해서는 ASHRAE Handbook⁽²⁾을 참조, 상응하는 물성치와 특성을 갖는 유사재료를 선정하였다.

총 열전달 계수 U는 다음의 식으로 나타낼 수 있는데, 이것은 TRNSYS의 PREBID에서 벽체에 관한 전달함수(transfer function)의 계수가 계산될 때 적용되어 건물에너지 해석 모듈 TYPE56의 입력값으로 사용된다.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{c,in}} + \sum_{k=1}^n \frac{t_k}{k_k} + \frac{1}{h_{c,out}} \quad (1)$$

여기서, $h_{c,in}$ 은 내부 대류 열전달 계수, $h_{c,out}$ 은 외부 대류 열전달 계수를 나타낸다.

3.4 건물에너지 성능평가 모델

건물 냉·난방 부하를 계산하고 건물을 중심으로 한 에너지 흐름을 계산하기 위한 건물에너지 해석 모듈인 Type 56은 다중 영역 건물의 해석 모듈로서 태양복사에너지에 의한 건물의 태양에너지 흡수량과 건물을 중심으로 한 상세 에너지 흐름을 계산할 수 있다.

Type 56은 최대 25개까지의 thermal zone을 가질 수 있는 건물의 열반응을 계산할 수 있으므로 본 연구에서는 Type 56을 적용하여 건물의 열반응을 계산하였다.

특정 구역에서의 순수 취득에너지는 PREBID에서 계산된 전달함수의 계수를 이용하여 다음의 식으로 나타낼 수 있으며, 이는 특정 구역에서의 에너지 수요량 또는 온도의 계산에 사용된다.

$$\dot{Q}_i = \dot{Q}_{surf,i} + \dot{Q}_{inf,i} + \dot{Q}_{v,i} + \dot{Q}_{g,c,i} + \dot{Q}_{cplg,i} \quad (2)$$

$$\dot{Q}_{surf,i} = U_{w,i} \cdot A_{w,i} \cdot (T_{wall,i} - T_{air})$$

$$\dot{Q}_{inf,i} = \dot{V} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (T_{outside} - T_{air})$$

$$\dot{Q}_{v,i} = \dot{V} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (T_{ventilation} - T_{air})$$

$$\dot{Q}_{cplg,i} = \dot{V} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (T_{zone,i} - T_{air})$$

$$\dot{Q}_{g,c,i} = f(\text{body, light, heater, other appliances})$$

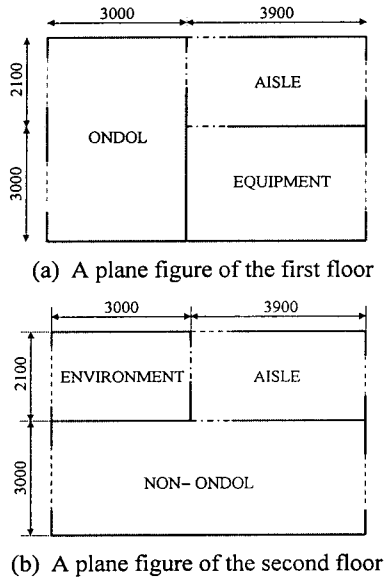


Fig. 4 Zoning of an experimental building for PREBID.

여기서, $\dot{Q}_{surf,i}$ 는 내부 벽면으로부터의 대류열 전달량, $\dot{Q}_{inf,i}$ 는 침입공기에 의한 열전달량, $\dot{Q}_{v,i}$ 는 환기에 의한 열전달량, $\dot{Q}_{g,c,i}$ 는 내부 취득열량 그리고 $\dot{Q}_{cplg,i}$ 는 임의 구역으로부터의 공기 흐름에 의한 취득 열량을 나타낸다

3.5 침입공기(Infiltration) 및 환기(Ventilation)

침입 공기량과 환기량은 각 층에 대한 시간당 공기 변화량의 관계로 주어진다. 질량 유량은 영역의 공기 체적, 공기 밀도와 공기 변화량의 곱으로 나타내며 침입 공기는 외부 조건으로부터 발생하고, 환기는 규정된 온도로부터 발생한다.

침입공기와 환기에 의한 취득에너지는 다음의 식으로 나타낼 수 있다.

$$\dot{Q}_{inf,i} = \dot{m}_{inf,i} c_p (T_a - T_i) \quad (3)$$

$$\dot{Q}_{v,i} = \dot{m}_{v,i} c_p (T_v - T_i) \quad (4)$$

여기서, T_a 는 대기온도, T_v 는 환기 공기의 온

도 그리고 T_i 는 특정 구역의 온도를, \dot{m} 은 질량 유량을 나타낸다.

4. 실내기후 실험실 단축실험 해석

4.1 실내기후 실험실 온도 반응 특성

실내기후 실험실의 외부 조건에 대한 온도 반응 특성을 파악하기 위하여 임의의 외부 온도, 습도 및 풍속 등을 입력으로 하여 TRNSYS 프로그램을 작동하였다. TRNSYS는 모사의 정확성이 검증된 상용 프로그램이지만 본 연구에서의 적용 타당성 검증을 위해 실험 결과와 모사 결과를 비교하였다. 전반적으로 실험 결과와 모사 결과 사이의 변화 양상은 유사함을 알 수 있었으나, 모사결과가 온도 분포에서 약간 높게 나타났으며, 일부 구간에서 최대 20% (약 0.2°C) 정도의 차이가 나타났다. 이 때 TRNSYS에서 적용한 온돌실험실의 침입공기 및 누기율은 0.4이다.

24시간 주기로 변화하는 외부의 온도 조건을 Fig. 3에 나타내었다. 처음 0시에 12°C의 온도로부터 새벽 4시경에 약 8°C까지 하강한 후 점차 온도가 상승하여 16시경에 최고 22°C 정도까지 상승하고 다시 하강하는 온도 분포를 나타내고 있다. 이러한 외부 조건에 대하여 시험체 건물은 초기 온도를 20°C로 유지하고 있다가 외부 온도 조건의 변화에 대한 반응을 TRNSYS를 이용하여 구하였다. 같은 온도 분포를 가지면서 변화하는 주기가 12시간, 6시간인 경우의 외부 온도 변화도 함께 나타내었다.

Fig. 5는 Fig. 3의 외부 온도 변화에 따른 각각의 시간 주기(24시간, 12시간 및 6시간)에 대한 온돌실험실의 온도 반응 특성을 나타낸다. 이때 창문, 문, 벽체 등을 통한 외부 침입공기는 없는 것으로 가정하였다. 시험체 건물은 1층의 온돌 실험실과 설비실험실, 2층의 비온돌 실험실 및 환경실험실과 1층과 2층을 연결하는 복도로 구성되어 있다. 전체적으로는 외부의 온도 변화 주기와 유사하게 반응하는 양상을 나타내고 있으며, 온도 변화 특성은 서로 유사하지만 외부 온도의 변화 주기가 길어질수록 외부와의 열교환에 의해 온도가 좀 더 하강하고 있다. 환경실험실, 설비실험실, 비온돌실험실 및 복도의 온도 변화 특성 역시 온도는 조금씩 다르지만 온돌실험실과 유사

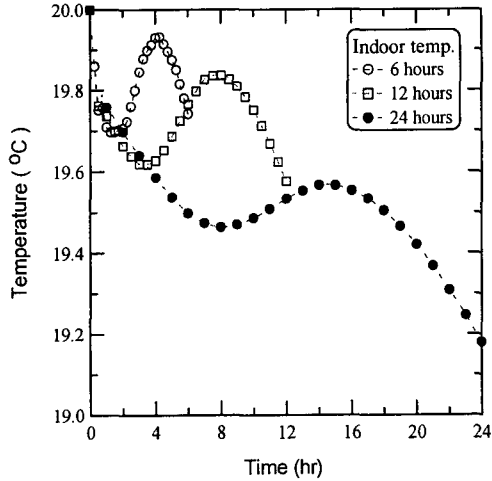


Fig. 5 Distribution of indoor temperature in the ondol. (infiltration rate = 0)

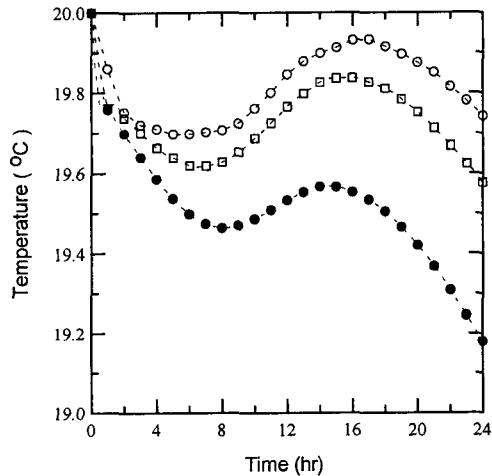


Fig. 6 Result of the expansion of indoor temperature to 24 hours in the ondol.

한 양상을 보이고 있다.

Fig. 6 은 Fig. 5의 온돌 실험실에 대한 온도 분포를 24시간으로 확장하였을 때의 결과이다.

모든 실험실에서 확장된 온도 분포는 다르지만 변화하는 양상은 상당히 유사한 특성을 나타내고 있다. 일례로 온돌실험실의 경우 6시간의 외부주

기에 대한 반응 온도를 Fig. 6 과 같이 24시간으로 단순히 확장했을 때 최종 온도는 약 19.7°C이다. 그러나 실제 24시간 주기에서의 온도는 19.1°C정도로 서로 다른 주기에 대한 시험체 건물의 온도 반응은 정량적으로는 차이가 존재하지만 변화 양상은 유사하다. 이상과 같이 24시간보다 짧은 외부 온도의 주기 변화에 대한 온도 반응을 단순 확장하여 24시간의 결과로 확장하면 온도는 다르지만 변화 양상은 유사하기 때문에 단축 실험의 결과를 24시간 주기 실험의 결과로 확장할 수 있는 가능성을 알 수 있다.

4.2 단축실험 해석을 위한 Scale Factor

Fig. 6 의 결과에서 24시간보다 짧은 주기의 외부 온도 변화에 대한 시험체 건물의 반응을 24시간 주기의 결과로 해석하기 위해서는 단축 결과와 24시간 결과 사이의 상관식이 필요하게 된다. 이러한 상관식을 개발하기 위하여 시험체 건물의 실험실 온도가 내려가는 구간과 올라가는 구간에 대하여 각각 상관식을 구하였다. 실험실의 온도가 내려가는 경우는, 실험실의 초기 온도를 20°C로 하고 외부의 온도를 15°C, 10°C, 5°C 및 0°C로 유지한 채 실험실의 온도 변화를 시간에 대하여 TRNSYS를 이용하여 구하였다. 일례로 외부 온도가 15°C인 경우 6시간, 12시간과 24시간 동안의 결과를 구한 후 모든 결과를 24시간으로 확장하고 단축시간 결과를 24시간 결과로 바꾸기 위한 scale factor를 구하였다. 외부와의 침입공기 및 누기가 없을 경우 온돌실험실에서 6시간과 24시간 사이의 온도가 내려갈 때의 scale factor를 Fig. 7에 나타내었다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 초기 실험실 온도와 외부 온도와의 차이가 커질수록 scale factor는 거의 같은 값을 나타내고 있다. 즉 외부와의 온도 차이가 어느 정도 이상 커지면 scale factor는 외부와의 온도 차이에 무관하게 같은 값으로 수렴하고 있다.

실험실의 온도가 외부보다 높아 온도가 올라가는 경우에 대한 결과가 Fig. 8(6시간과 24시간)에 나타내었다. 온도가 내려갈 때와 유사하게 실험실의 초기 온도를 0°C로 하고 외부 온도를 5°C, 10°C, 15°C 및 20°C로 유지하였을 때 실험실의 온도변화를 6시간, 12시간 및 24시간에 대하여 구하고 그 결과를 24시간으로 확장한 후 scale

factor를 구하였다. 실험실의 온도가 내려갈 때와 마찬가지로 외부와의 온도 차이가 어느 정도 이상이 되면 scale factor는 동일한 값에 수렴하고 있다. 그러나 실험실의 온도가 내려갈 때와 올라갈 때 scale factor값은 차이가 있으며 시간에 대한 양상도 약간 다르게 나타나고 있다.

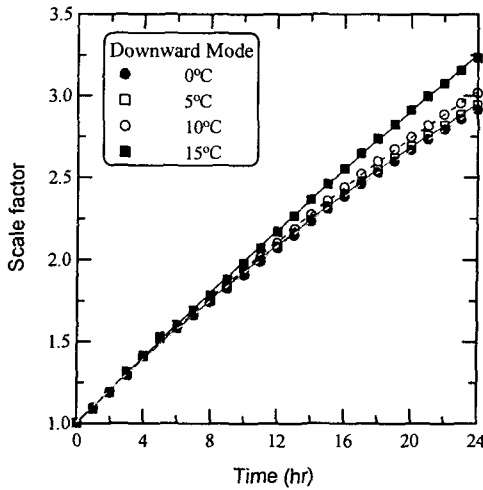


Fig. 7 Scale factor for downward mode between 6 hours and 24 hours in the ondol. (infiltration rate = 0)

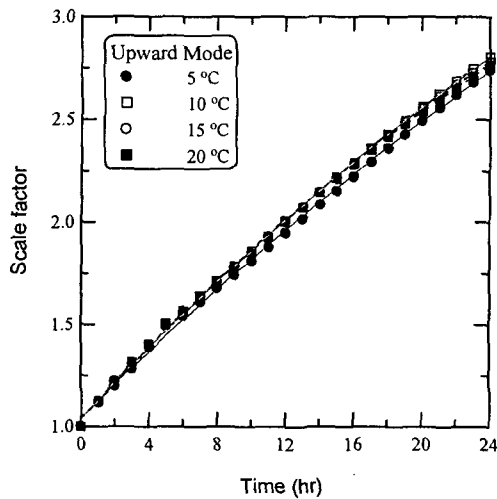


Fig. 8 Scale factor for upward mode between 6 hours and 24 hours in the ondol. (infiltration rate = 0)

이상의 결과로부터 외부와의 온도차이가 어느 정도 이상이 되면 scale factor는 외부 온도 차이와는 무관하게 된다는 사실로부터 외부와의 온도 차이를 10°C로 유지한 채 외부 침입공기 및 누기율을 변화시키면서 scale factor를 실험실의 온도가 올라갈 때와 내려가는 경우에 대해 구하였다.

Fig. 9는 실험실의 온도가 내려가는 경우에 대해 6시간과 24시간 결과 사이에 외부 침입공기 및 누기 값에 대한 scale factor를 온돌 실험실에 대하여 나타내고 있다. 여기서 침입공기 및 누기율은 각 존에서 전체 실내공기에 대한 외부 공기의 시간당 유입되는 율로서 1.0은 1시간에 1회 정도 존 내부의 공기가 외부공기로 환기되는 것을 의미한다. 침입공기 및 누기율이 증가할수록, 즉 외부와의 환기가 활발할 수록 scale factor가 작아지고 있는데 이것은 외부와의 환기가 활발해질수록 6시간 결과와 24시간 결과의 차이가 작아지고 있음을 의미한다. Fig. 10은 실험실의 온도가 내려갈 때 12시간 결과와 24시간 결과 사이의 scale factor를 온돌실험실에 대해 나타내고 있다.

결과는 Fig. 9의 6시간과 24시간 결과와 상당히 유사한 양상을 보이고 있다.

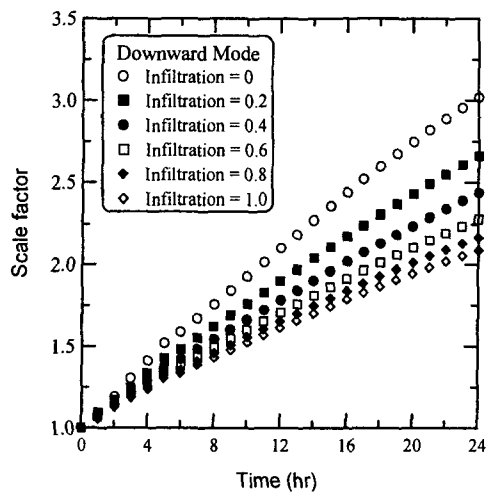


Fig. 9 Scale factor with a variety of infiltration rate between 6 hours and 24 hours in the ondol.

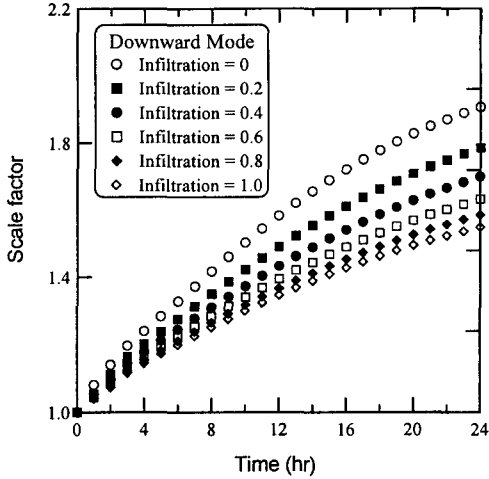


Fig. 10 Scale factor with a variety of infiltration rate between 12 hours and 24 hours in the ondol.

4.3 Scale Factor 적용 및 결과

Fig. 5 의 6시간, 12시간 및 24시간의 외부 온도 변화에 대한 온도 반응 결과를 Fig. 6 과 같이 24 시간 결과로 확장하고, Fig. 7, Fig. 8 에서 구한 scale factor를 적용하여 해석한 결과를 24시간에 대해 나타내었다.

Fig. 11 은 외부와의 환기, 침입공기 및 누기가 없는 경우, 즉 침입공기 및 누기률이 0인 경우에 대하여 6시간으로 단축된 기상조건에 대한 온도 실험실의 온도 반응을 고찰하고 이것을 24시간으로 확장한 후, 24시간으로 확장된 6시간의 온도 반응과 24시간 주기의 기상조건에 대한 온도 반응사이의 상관적인 scale factor를 적용하여 6시간 반응을 24시간 반응으로 변환한 결과를 나타내고 있다. 그림상의 "applied"로 나타난 것이 확장 결과이다. 6시간 결과를 24시간 결과로 확장한 경우 다소 오차가 발생하는 것을 알 수 있다. 이것은 Fig. 7 및 Fig. 8 에서 scale factor를 구할 때 외부와의 온도 차이가 작을 때에는 scale factor가 적용한 값과 약간 다를 수 있다는 것과 원래 문제 자체가 외부와의 열교환뿐만 아니라 각 실험실과도 열교환 하는 비선형성이 존재하기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 Fig. 12의 복도의 경우는 크기가 상대적으로 큰 단식 유리를 가

진 창호가 설치되어 있어 외부와의 열교환이 가장 지배적으로 작용하기 때문에 반응이 외부 조건에 상당히 선형적으로 변하므로 6시간 결과를 24시간으로 확장했을 때에 비해 비교적 잘 일치하는 결과를 보이고 있다.

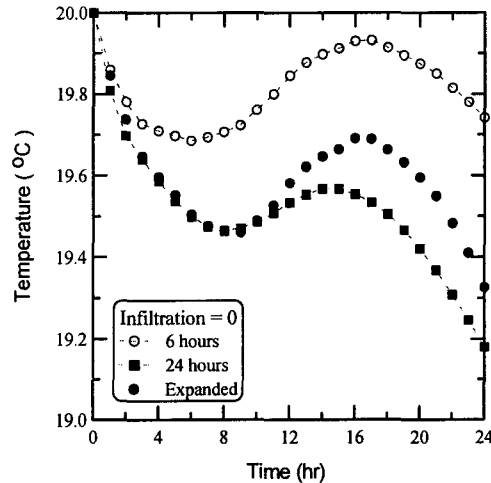


Fig. 11 Result of the expansion which apply scale factor to 6 hours in the ondol. (infiltration rate = 0)

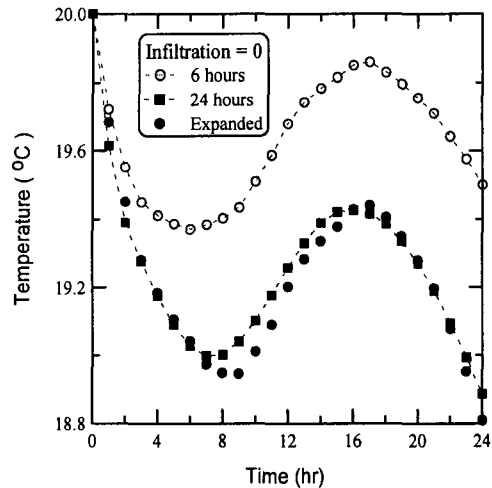


Fig. 12 Result of the expansion which apply scale factor to 6 hours in the aisle. (infiltration rate = 0)

Fig. 13 은 침입공기 및 누기률이 0일 때 온돌 실험실에 대해 12시간의 결과를 24시간으로 확장한 결과이다. 전체적으로 24시간 결과와 잘 일치하고 있으며 정량적으로도 6시간 결과를 확장했을 때보다 훨씬 잘 일치하고 있다.

Fig. 14 는 침입공기 및 누기률이 1.0일 때 6시간 결과를 24시간으로 확장한 결과이다. 경향은 침입공기 및 누기율이 0일 때와 유사하며 확장결과와 24시간 결과 사이에 다소 오차가 나타나고 있다. Fig. 15 는 침입공기 및 누기율이 1.0일 때 12시간 결과를 24시간으로 확장한 결과이며 정량적으로 6시간 결과를 확장했을 때보다 훨씬 잘 일치하고 있다.

Fig. 16 은 24시간 및 12시간 주기의 외부 온도 변화에 대한 시험체 건물의 온도 반응 실험을 수행 후, 12시간 주기에 대한 온돌 실험실의 온도 반응을 본 연구에서 구한 scale factor를 적용하여 24시간으로 확장한 결과이다. 그림에서 실선은 외부 온도 변화를 나타내며 "Applied"로 나타낸 것은 12시간의 실험결과를 24시간 결과로 확장한 결과이다. 이때 온돌실험실의 침입공기 및 누기률은 0.4이다. 온도가 올라가는 후반부와 재하강부분에서 실험결과와 다소 차이를 보이고 있지만 전반적으로는 잘 일치함을 알 수 있다.

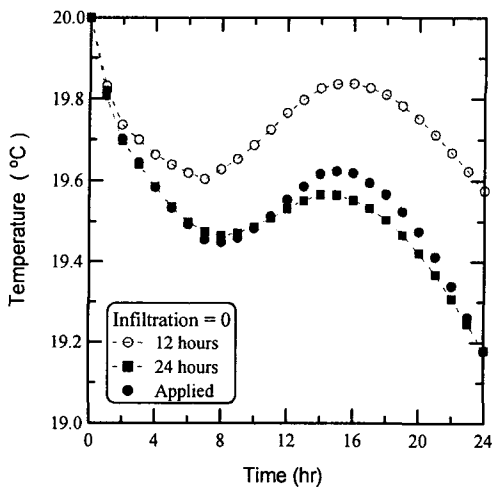


Fig. 13 Result of the expansion which apply scale factor to 12 hours in the ondol. (infiltration rate = 0)

즉 Fig. 16 의 결과로부터 본 연구에서 제안하는 scale factor를 적용하여 시험체 건물에 대한 단축실험 결과를 장시간의 결과로 확장할 수 있음 알 수 있다.

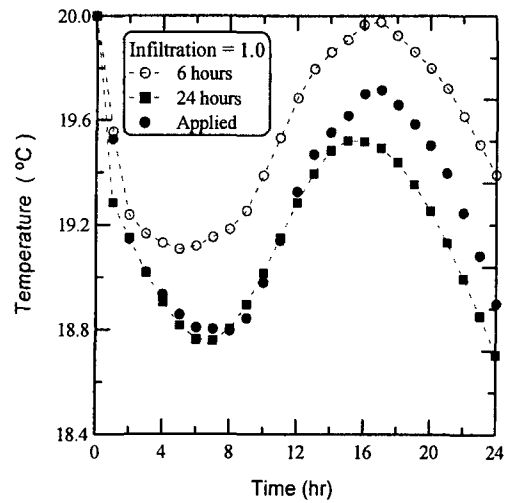


Fig. 14 Result of the expansion which apply scale factor to 6 hours in the ondol. (infiltration rate = 1.0)

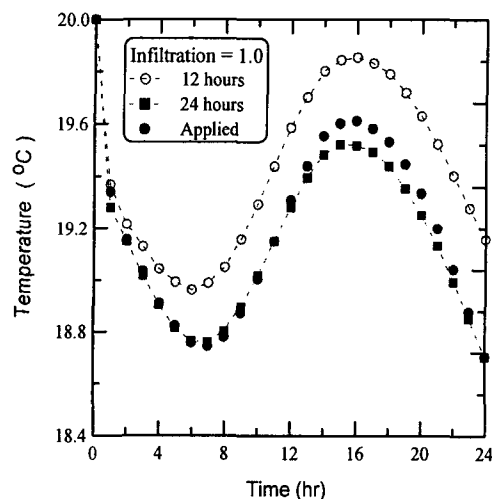


Fig. 15 Result of the expansion which apply scale factor to 12 hours in the ondol. (infiltration rate = 1.0)

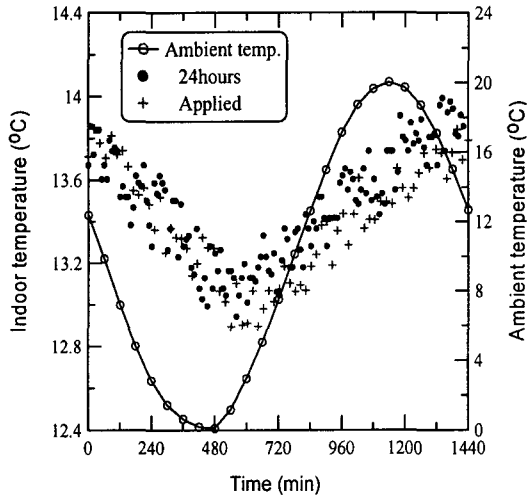


Fig. 16 Comparison of experimental results with current works of simulation using scale factor. (infiltration rate = 0.4)

5. 결론

24시간 주기의 외기 조건 변화에 대한 시험체 건물의 열적 반응 특성을 6시간 혹은 12시간 등의 짧은 시간 주기의 결과로부터 유추하기 위해 TRNSYS 프로그램을 적용하여 시험체 건물의 열 반응 특성을 계산하고 단축 해석 결과를 24시간 결과로 확장하기 위해 단축 결과와 24시간 결과 사이의 상관적인 scale factor를 구하였다. scale factor는 실험실 별로 온도가 올라갈 때와 내려가는 경우에 대해 각각 구하였으며, scale factor는 외부와의 온도차이가 어느 정도 이상이면 외부와의 온도 차이에 무관하게 된다는 사실로부터 침입공기 및 누기들의 변화에 대하여 시간의 함수로 나타내었다. scale factor를 적용하여 단축 해석 결과를 24시간 결과로 확장하였을 때, 6시간 결과는 상당히 유사한 온도 분포를 얻을 수 있었으나 다소 오차가 발생하였으며 12시간 결과를 확장하였을 때에는 정량적으로도 거의 일치하는 결과를 얻을 수 있었다.

또한, 12시간 주기의 실험결과에 확장을 위한 상관적인 Scale factor를 적용하여 24시간으로 확장하였을 때, 확장된 12시간의 실험결과와 24시간 실험 결과는 잘 일치함을 볼 수 있다. 따라서, 본 연구에서 제안하는 scale factor를 적용하여 단축실험 결과를 장시간의 결과로 확장할 수 있음을 알 수 있다.

이러한 결과로부터 단축 실험으로부터 구한 시험체 건물의 열적 반응 특성을 24시간 결과로 해석할 수 있으며 아주 짧은 단축 실험의 결과를 24시간으로 확장할 때에는 정성적으로는 일치하지만 정량적으로 약간의 온도 오차가 있을 수 있기 때문에 이 점을 유의하여야 한다..

참 고 문 헌

1. Suh, H.S., Kyong, N.H., 1995, Operation of environmental chamber, KIER, Ministry of Science & Technology, Korea, pp. 5-6, pp. 239-249.
2. ASHRAE, 1993, ASHRAE handbook, Fundamentals, Chap. 22.
3. Architectural Institute of Korea, 1997, Architectural material, Kymoondang, Chap. 21.
4. Cho, H.J., 1998, ALC technical data, Wnchang, pp. 7-25.
5. Park, J.U., 1997, Thermal and economic analysis of seasonal solar energy storage system for Cheju area, MS thesis, Yeungnam University, Kyongbuk, Korea.
6. S.A. Klein et al., 1994, TRNSYS reference manual, Volume 1, Solar energy laboratory, University of Wisconsin.
7. Kim, H.K., 1995, Air conditioning, 3rd ed., Dongmyongsa, pp. 144-525.
8. Kim, K.D., Handbook of air conditioning, Hanmi, pp. 1-89 - 1-98.
9. Mills, A.F. 1995, Basic heat and mass transfer, IRWIN Inc. pp. 338-495.