

외피 유형별 석재 모형돔의 동절기 환경 특성에 관한 연구

A study on the characteristics of environmental factors of granite dome models with different envelope structures in winter

공 성 훈*
S . H . Kong

Key words: Indoor environment(실내환경), Relative humidity(상대습도), Dry bulb temperature(건구 온도), Air velocity(기류속도)

ABSTRACT

Factors governing the rate of heat exchange comprise the air temperature, the speed of air movement, relative humidity, and relation indoors. Recently, there are many researches on the transient analysis of indoor environmental factors such as the dry bulb temperature, relative humidity and air velocity in miniature models. The purpose of this study is to measure the environmental factors and to analyze and evaluate the characteristics of indoor environment with the different envelope structures using a granite dome model. According to the variation of humidity, the state of interior relative humidity for clay model has an equal tendency, although a little range of variation is shown in comparison to the cement model.

기 호 설 명

- f^2 : 결정계수
- RH : 상대습도 [%]
- T : 시 간 [h]
- Ta : 건구온도 [°C]
- v : 기류속도 [m/s]
- Wt : 증발 물무게 [g]

1. 서 론

시멘트와 콘크리트의 외피 재료에 익숙하게 살아오던 현대인들 중에는 진흙 마감에 의한 외피 재료를 선호하는 사람들이 늘어가고 있다. 진흙 또는 시멘트의 외피 유형에 따른 내·외부 환경

요소의 변화 요인에는 온도, 습도, 냄새, 기류속도, 무·유기 화합물 등이 있을 수 있으며, 이러한 현상은 매우 복잡적으로 발생된다.

다공질체내의 수분이동에 대하여는 건조공학등의 분야에서 연구가 다소 이루어지고 있으나, 온·습도조건의 변동폭이 큰 건축환경의 조건에서 구조체의 수분이동에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

그리고 기존의 연구에서는 건구온도의 해석분야에 관한 연구가 주로 이루어져 온 경향이 있으나, 실제로는 기류 이동과 온·습도가 동시에 일어난다.

본 연구에서는 자연적인 조건하에서 외피 유형별(진흙+화강석, 시멘트+화강석)에 따른 내·외부 환경요소(건구온도, 상대습도, 기류속도등)의 변화 특성을 분석하고자 한다.

* 계명대학교 건축공학과 조교수

2. 연구 범위 및 방법

2.1 실험모델

본 실험에서는, 석재 모형들을 화강석으로 제작 하였으며 내부에는 물이 담긴 증발 접시를 설치하였다. 자연적인 대기조건하의 동절기 지하 실험실 공간에서의, 외피 유형별(진흙+화강석-진흙 구조체, 시멘트+화강석-시멘트 구조체)에 따른 상대습도, 건구온도, 기류속도, 증발된 물 무게 등의 변화를 측정 분석하였다.

본 실험에서 사용된 실험모델은 평균두께가 9.5 cm인 화강석과 진흙 3~4 cm, 시멘트 3~4 cm 두께인 외피재료로 구성되어 있으며, 실험 모델의 내부공간은 원통형이고, 외부치수는 지름 40 cm × 높이 48 cm로 제작하였다.

내·외부 공간과의 공기 유통경로의 확보를 위해서 지름 1 cm 크기의 14개 구멍을 뚫었고, 내부공간에 수분 증발용 접시를 설치하였다.

진흙 구조체인 경우는 건조에 따른 균열이 발생하였기 때문에 여러번의 진흙 바름이 필요하였고, 진흙을 바른 후, 대기조건하에서 약 한달간의 건조기간을 두었다. 시멘트 구조체인 경우는 모형 제작 후 별도의 균열이 발생하지 않았기 때문에 2달간의 양생 및 건조기간이 소요되었다.

진흙과 시멘트의 건조가 충분하게 되었던 것을 촉감과 육안으로 파악하고, 본실험을 실시하였다. (Fig. 1, 2 참조)

2.2 실험 방법

실험 장소는 지하 환경실험실이며, 측정되는 환경요소는 건구온도, 상대습도, 기류속도이며 내부공간의 수분증발은 자연상태에서 이루어졌다.

실험기간 동안에는 실험실의 출입은 실험인원만으로 하였으며, 외기에 접한 창문을 개폐하는 것도 제한하였다.

실내·외에서 변화되는 환경요소 측정은 다점식 아네모마스터 (Multi-channel Anemomaster ; 카노막스사)에 의해 발생하는 전기적 신호를 9개의 채널을 갖는 자동기록저장장치(Data logger)로 보내어 처리하였고, 퍼스널 컴퓨터와 연동되어 S-6242 소프트웨어에 의하여 저장되고 분석

하였다.

실험 측정기간은 예비 실험기간을 포함하여, 1998.2.12~2.15(4일간)와 1998.2.18~2.23(6일간)이다. (Fig. 3 참조)

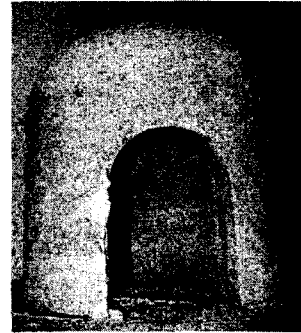


Fig. 1 Dome model.

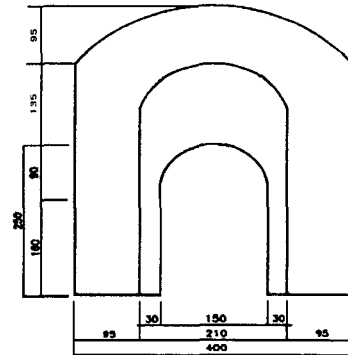


Fig. 2 Dimensions of a dome model. (Unit : mm)



Fig. 3 Dome models and measuring instruments.

3. 결과 및 고찰

3.1 상대습도 및 기류속도의 분포

Fig. 4는 측정기간 중에 나타난 상대습도의 변화를 나타낸 것이다. 측정된 환경 인자는 진흙 및 시멘트 구조체 내부공간의 상대습도와 구조체 외부의 상대습도이다.

측정기간 중의 상대습도의 분포를 살펴보면 모형 외부(지하실내부)공간은 61.5~83.6%(평균 70.9%)이고, 진흙 구조체 내부공간은 90.7~95.8%(평균 94.3%), 시멘트 구조체 내부공간은 91.5~98.3%(평균 95.7%)로써 시멘트 구조체 내부공간의 상대습도가 진흙 구조체 내부공간의 상대습도에 비해 평균 1.4% 더 높게 나타난 것을 알 수 있다. 이 원인은 진흙이 가지는 흡습률의 성능이 시멘트가 가지는 흡습률 성능보다 더 높기 때문인 것으로 판단된다.

또한 외기 상대습도보다 진흙과 시멘트 구조체 공동되게 내부공간의 상대습도가 평균 23.4~24.8% 더 높게 나타났다. 이 원인은 재료 자체가 보유한 평균흡습률 및 증발접시에 의한 내부 발생수분에 의한 것으로 판단된다.

외기의 습도 변화에 따른 진흙 구조체와 시멘트 구조체 내부공간의 상대습도 변화 상태를 살펴보면, 외기의 습도 변화가 발생하면 진흙 구조체인 경우는 변화의 진폭은 작지만 동일한 습도 변화 추세를 보이고 있으나, 시멘트 구조체인 경우는 지속적인 고습도의 상태를 유지하고 있는 것으로 나타났다.

실험결과, 외기의 습도 변화에 따른 모형 내부의 변화는 진흙 구조체인 경우 외부와의 공기유통경로가 다소 이루어지고 있으나, 시멘트 구조체인 경우는 습기 함유를 한 후에는 습기를 내·외부로 유통시키는 진흙 구조체의 특성과는 다르게 시멘트 재료 자체에서 습기를 그대로 함유하고 있는 특성이 강한 것으로 판단된다. (Fig. 4 참조)

지하공간의 평균 기류속도(v)는 0.01 %로써 기류속도의 변화 및 진폭은 매우 미약하였으며, 이것의 원인은 지하공간에서의 기류 특성에 의한 것으로 판단되며 기류에 의한 표면 수분증발률은 거의 일정한 것으로 판단된다.

3.2 건구온도 조건의 분포

Fig. 5는 측정기간 중에 나타난 건구온도 조건의 변화를 나타낸 것이다. 측정된 환경인자는 진흙 및 시멘트 구조체 내부공간의 건구온도와 구조체 외부공간의 건구온도 변화를 나타낸 그래프이다.

측정기간 중의 건구온도의 분포를 살펴보면 지하 환경실험실 내부공간은 7.6~8.9℃(평균 8.4℃)이고, 진흙 구조체 내부공간은 7.6~8.9℃, 시멘트 구조체 내부공간은 7.8~9.2℃로 상호 유사하게 나타났다.

온도변화가 적은 지하실 공간의 특성상 온도 변화 폭은 1~1.5℃ 정도로 주야에 따른 온도 교차가 적었으며, 온도조건의 변화에 따른 수분증현상은 그다지 크지 않은 것으로 예상된다.

열전도율을 살펴보면, 보통 시멘트 콘크리트는 1.4 kcal/mh℃이고, 진흙은 0.6 kcal/mh℃로써 진흙의 열 저항이 시멘트보다 다소 큰 편이며, 이러한 효과는 모형 구조체의 외피 두께가 두꺼울 때 나타나는 열전도에 따른 시간지연효과(Time-lag)와 외피 유형별(진흙과 시멘트) 온도변화에 영향을 미칠 수 있으나, 본 실험 구조체의 외피 두께는 3~5 cm로써 외피 마감재료가 두텁지 않기 때문에 재료별 내·외 건구온도의 변화 상태에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 판단된다. (Fig. 5 참조)

3.3 물의 증발량과 내·외부 상관도

Fig. 6는 전 측정기간 중에 외피 유형별(진흙과 시멘트), 구조체 내부에 설치된 증발접시의 물 증발 양을 막대 그래프로 나타낸 것이다. 증발접시의 무게를 제외한 순수 증발 물 무게는 정밀 전자저울(Electronic Balance)에 의해 측정되었다.

증발된 순수 물무게를 살펴보면 진흙 구조체 내부공간의 경우 4.2 g이고 시멘트 구조체 내부공간은 3.5 g으로써 진흙 구조체의 수분증발량이 시멘트 구조체보다 0.7 g 더 증발된 것을 알 수 있다. (Fig. 6 참조)

Fig. 7과 Fig. 8은 진흙 및 시멘트 모형의 내부 상대습도에 대한 상관도를 나타낸 것으로써 진흙 모형과 외기조건과의 상대습도의 상관도는

$r^2 = 0.8$ 이고, 시멘트 모형은 외기 조건과의 상관도 $r^2 = 0.2$ 로써 진흙 모형의 상관도가 시멘트 모형의 상관도 보다 높게 나타났다.

Fig. 9과 Fig. 10은 진흙 및 시멘트 모형의 내외부 건구온도 조건에 대한 상관도를 나타낸 것으로써, 진흙 모형과 외기 조건의 건구온도 상관도는 $r^2 = 0.92$ 이고 시멘트 모형과 외기 조건의 건구온도 상관도는 $r^2 = 0.89$ 로써, 진흙 모형과 시멘트 모형 공통되게 상관도가 높게 나타난 것을 알 수 있으며, 본 실험 구조체의 외피 마감재료가 그다지 두텁지 못하기 때문에 재료별 내외 건구온도의 상관도에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

실험 결과, 진흙 구조체는 외부와의 공기 유통 경로가 다소 이루어지고 있으나, 시멘트 구조체는 습기 함유를 한 후에는 습기를 내외부로 유통시키는 진흙 구조체의 특성과는 다르게 시멘트 재료 자체에서 습기를 지속적으로 함유하는 특성이 강한 것으로 판단된다.

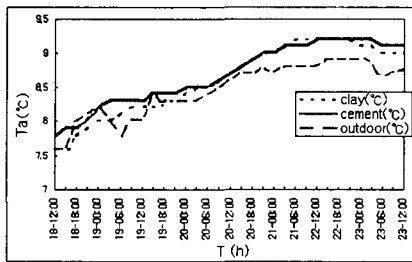


Fig. 4 Comparisons of relative humidity for clay and cement model.

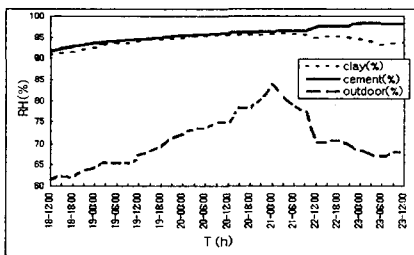


Fig. 5 Comparisons of dry bulb temperature for clay and cement model.

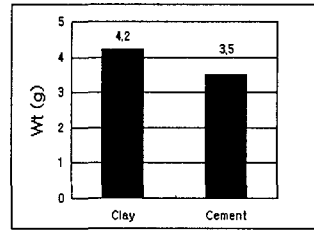


Fig. 6 Vaporized water weight.

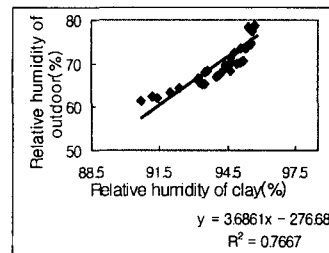


Fig. 7 Correlation of the ambient humidity and clay model's inner humidity.

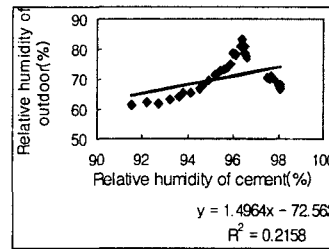


Fig. 8 Correlation of the ambient humidity and cement model's inner humidity.

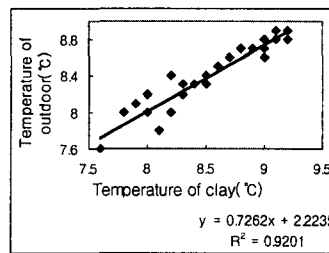


Fig. 9 Correlation of the ambient temperature and clay model's inner temperature.

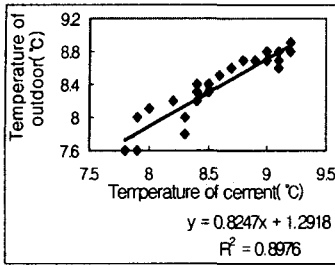


Fig. 10 Correlation of the ambient temperature and cement model's inner temperature.

4. 결론

본 연구에서는 자연적인 대기조건하의 겨울철 지하실공간에 있어서 외피재료별(진흙+화강석, 시멘트+회강석)에 따른 내·외부 공간의 환경요소의 변화 특성을 측정 분석하였다

주요 연구 결과는 다음과 같다.

(1) 증발된 순수 물무게를 살펴보면, 진흙 구조체 내부공간은 4.2 g이고, 시멘트 구조체 내부공간은 3.5 g으로써 진흙 구조체의 수분 증발량이 시멘트 구조체보다 0.7 g더 증발한 것을 나타냈다.

(2) 실험결과 진흙 구조체는 외부와의 공기유통경로가 다소 이루어지고 있으나, 시멘트 구조체는 재료 자체에서 습기를 지속적으로 함유하는 특성이 강한 것으로 판단된다.

(3) 측정기간 중 모형 내·외부 공간의 건구온도의 분포를 살펴보면 7.6~9.2°C 범위로 상호 유사하게 나타났으며, 재료별 열전도율의 차이는 거의 나타나지 않은 것으로 판단된다. 기류속도는 0.01 % 전후의 미기류로 측정기간 동안 거의 일정하였다.

(4) 측정기간 중의 상대습도의 분포를 살펴보면 모형외부(지하실내부)공간은 61.5~83.6%(평균 70.9%)이고, 진흙 구조체 내부공간은 90.7~95.8%(평균 94.3%), 시멘트 구조체 내부공간은 91.5~98.3%(평균 95.7%)로써 시멘트 구조체의 상대습도가 진흙 구조체의 상대습도에 비해 평균 1.4% 더 높게 나타났다.

앞으로의 연구과제로는 여름철 조건을 포함한 좀더 다양한 온·습도조건에 의한 현장실험과 인공기후 실험장치인 챔버(chamber)에 의한 결과 분석 및 시뮬레이션(simulation)이 필요한 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 이경희, 1996, 건축환경계획, 문운당.
2. 임만택, 1995, 건축환경계획, 보문당.
3. 임광호, 정성웅, 임용규, 공성훈 외2인, 1998, 겨울철, 석굴암 축소 모형등의 실내환경 실측에 관한 연구, 공기조화 냉동공학회, 98하계학술발표대회 논문집 pp. 187-190.
4. 松尾陽, 1986, 潛熱負荷·濕度變動に関する研究メソ.