

실측을 통한 동절기 전통가옥의 실내온열환경 분석

황효근*, 임종연**, 송두삼***

*성균관대학교 대학원(goldroot@skku.edu),

**성균관대학교 대학원(reonheart@skku.edu),

***성균관대학교 건축공학과(dssong@skku.edu)

The Analysis of Indoor Thermal Environment at the Korean Traditional House in the Winter

Hwang, Hyo-Keun*, Lim, Jong-Yeon**, Song, Doo-Sam***

*Dept. of Architectural Eng., Graduate School, Sungkyunkwan Univ.(goldroot@skku.edu),

**Dept. of Architectural Eng., Graduate School, Sungkyunkwan Univ.(reonheart@skku.edu),

***Dept. of Architectural Eng., Sungkyunkwan Univ.(dssong@skku.edu)

Abstract

Recently with the demand of well-being is increased, the demand for indoor thermal environment and air quality is increased. According to this circumstance, many people in Korea note the traditional architecture that is made by natural materials, such as a soil, stone and wood. However, few researches regarding the indoor thermal environmental characteristics of the Korean traditional houses is reported.

In this study we analyzed the indoor thermal environment for Han-ok through field measurement. Moreover, based on the field measurement results, indoor thermal comfort in Han-ok is analyzed.

Keywords : 전통건축(Traditional Architecture), 열환경(Thermal Environment), 실측(Field Measurement), 온열 쾌적감(Thermal Comfort), 침기(Infiltration), PMV

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

최근 친환경에 대한 관심이 고조되면서 건축물에 있어서도 친환경성을 향상 시키려는 노력이 건설 산업 전반에 걸쳐 확산되고 있다.

이러한 친환경 건축에 대한 관심은 그동안 기능주의적 건축에서 지역의 기후특성이나

사회·문화적 맥락을 고려하는 풍토 건축(Vernacular Architecture)으로의 전환을 촉진시키고 있다.

이러한 배경 하에서 많은 연구자들이 풍토 건축의 산물이라 할 수 있는 전통건축에 주목하기 시작하였다. 이와 관련한 연구로는 전통건축에 적용된 재료의 특성 규명 및 현대 건축에의 적용방안에 관한 연구¹⁾, 개방성이 강한 전통건축의 침기 성능에 대한 연

구2), 한옥의 개선을 위한 에너지 성능해석 연구3), 그리고 피험자 실험을 통한 실내 온열감 평가4) 등이 보고되고 있다. 그러나 전통건축의 물리적 특성을 종합적으로 분석한 연구 자료는 매우 부족한 상황이다.

이에 본 연구에서는 오랜 기간에 걸쳐 풍토에 순응하면서 형성되어온 전통가옥의 기후 조절특성을 규명하여 현대건축에 적용하는 방안에 대해 검토하고자 한다.

본 논문에서는 동절기 전통가옥의 온열환경 특성을 실측을 통해 분석한 결과를 소개하고 있다.

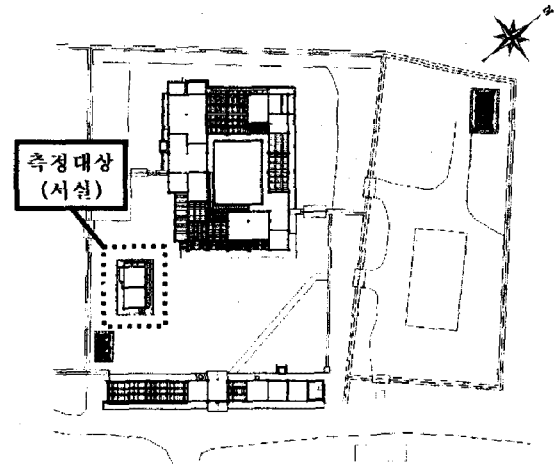


그림 1. 만산고택 내 측정대상 위치

1.2 연구 방법

본 연구에서는 전통가옥의 실내온열환경을 실제와 유사한 상황 하에서 분석하기 위해 전통 가옥의 특성이 최대한 손상되지 않았으며, 현재에도 사용 중에 있는 건축물을 선정하여, 전통가옥이 가지는 고유한 특성인 온돌, 벽체, 창호에 의해 형성되는 온열환경특성을 실측을 통해 규명하고 실측결과를 바탕으로 전통가옥의 온열 쾌적성을 분석하였다.

2. 전통가옥의 온열환경 측정

본 연구에서는 한옥의 실내 온열환경 특성을 알아보기 위해 실측을 실시하였으며, 실측내용 및 결과는 다음과 같다.

2.1 측정대상

실측 대상 가옥은 경상북도 봉화군 춘양면에 위치한 만산고택으로, 만산고택은 경상북도 민속자료 121호로 지정되어 있으며 전통

적 온돌 난방이 가능한 가옥으로 한옥의 원형이 잘 보존된 건물이라 할 수 있다.

주요 측정대상은 그림 1에 나타난 것과 같이 만산고택 내에 위치한 서실(書室)로서 현재 전통적인 구들이 보존되어 있다. 이 서실은 그림 2와 같이 두 개의 실로 나뉘어져 있고, 측정은 그 중 아궁이와 인접해 있는실에서 실시되었다. 또한, 이 실은 외기와 면한 3면에 창호가 설치되어있어 외부 환경에 의한 영향이 비교적 크다고 할 수 있다.

2.2 측정방법 및 내용

실측기간은 2007년 11월 22일 18:50분부터

표 1. 측정 장비 및 목적

측정항목	장비	비고
대표 기상조건으로 온/습도, 풍향, 풍속 측정	기상 station	기초자료의 수집, 1분 간격 연속 측정
옥내 온/습도 측정	SK-SATO 온습도계	1분 간격 연속 측정
실내 각 지점(40 points) 온도 측정	열전대 (K-type)	
실내 복사온도 측정 (1.1m, 3 points)	흑구온도계	
실내 온습도 측정 (1.1m, 3 points)	SK sato 온습도계	
실내 기류속도 측정(1.1m)	Kanomax 열선풍속계	
실시간 데이터 저장	Datalogger	

- 1) 송승영 외, (2007) 「축소모형실험을 통한 흙집의동계열환경및에너지 성능평가」, 대한건축학회논문집 구조계, Vol.23, No.9
- 2) 배상환 외, (1995) 「중부지방 전통민가의 집기성능 측정평가」, 대한건축학회 학술발표논문집, Vol.15, No.1
- 3) 김명선 외, (2004), 「열환경 개선을 위한 전통민가의 보존적 개수방안 연구」, 대한건축학회논문집 계획계 Vol.20, No.7
- 4) 손장열 외, (2004) 「전통온돌방의 실내온열환경 및 온열감에 관한 연구」, 한국주거학회논문집, Vol.15, No.2

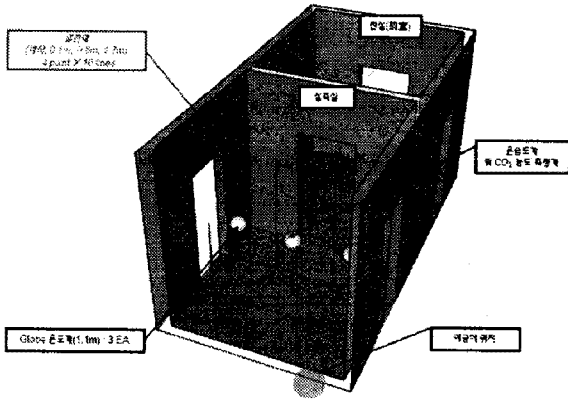


그림 2. 내부 측정 위치 및 내용

24일 8:30분까지 3일간 실시되었다.

실의 난방은 전통적인 온돌난방을 실시했으며, 실 거주자의 조언을 통해 실제 난방과 유사하게 하루에 총 2회 실시되었다. 표 1은 측정 항목, 측정 장비를 나타내고 있다.

실내 온열환경에 영향을 줄 수 있는 외부의 기후환경을 측정하기 위해 인근 개활지에 기상 station을 설치하여 외부온도, 풍속, 풍향, 습도 측정을 실시하였으며, 실내온도는 그림 2와 같이 공간을 격자 형태로 나누어 10지점에서 각각 4지점씩(바닥, 0.1m, 0.6m, 1.7m) 총 40지점에 대해 열전대(K-Type)를 이용하여 측정하였다.

또한, 본 연구에서는 실내온열 쾌적감을 분석하기 위한 지표로 PMV 평가를 실시하였다. PMV 산출을 위해 실내 3지점(높이 1.1m)에 흑구온도계와 실 중앙 1지점에 다기능측정기를 설치하여 습도 및 실내 기류속도를 측정하였다.

한옥의 경우, 침기의 영향이 클 것으로 예상하여 침기량을 측정하였다. 침기량 측정은 외부풍속의 영향을 검토하기 위해 2차(23일 10:40분, 18:50분)에 걸쳐 실시하였다.

2.3 측정결과

(1) 실내 온도 및 습도

그림 3은 측정 공간에 1차 난방을 실시하였을 경우 실내 각 지점별 온도의 시간적 변화

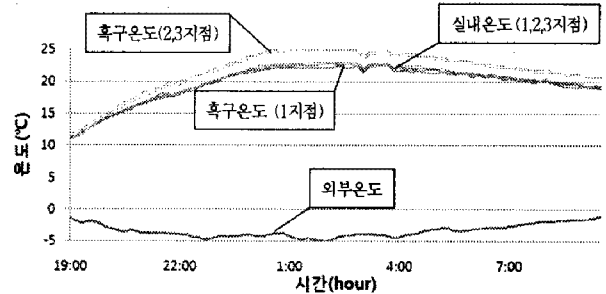
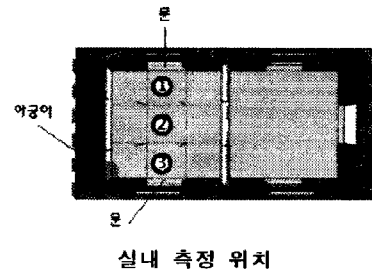


그림 3. 난방시 외부기온과 실내온도 변화(높이 1.1m)

를 나타내고 있다. 측정시간 동안 외기온도는 $-1 \sim -5^{\circ}\text{C}$ 사이의 분포를 보였으며, 실내의 온도는 22일 19:00시에 난방을 개시한 후 약 5시간 30분 후인 23일 0:30분에 최고온도(22.8°C)에 도달하였으며, 최고온도 도달이후 약 5시간 동안 큰 온도 변화 없이 안정적인 분포를 보였다.

또한, 각 지점의 흑구온도를 살펴보면 실내 최고온도 시점에서 실 중앙부와 아궁이와 근접한 지점인 ②와 ③지점에서는 약 25°C 정도를 나타냈으나, ①지점에서는 약 22.5°C 로 낮은 값을 보였다. 이는 아궁이로 부터의 거리 차이로 인한 복사열의 감소, 낮은 표면온도를 나타내는 문의 영향으로 생각된다.

실측에 대한 결과는 전통온돌의 특성상 난방에 소모된 시간이나 사용된 연료의 양, 건물의 특성(규모, 벽체 구조 등)에 따라 달라질 수 있을 것이라 판단된다.

(2) 실내의 수직/수평적 온도 분포

전통건축물은 현재의 단열 수준에 비하여 벽체의 두께와 구성 재료에 있어서 취약한 단점이 있다. 또한 본 연구의 측정대상은 창호에 있어서도 덧문 구조로 되어있지 않기

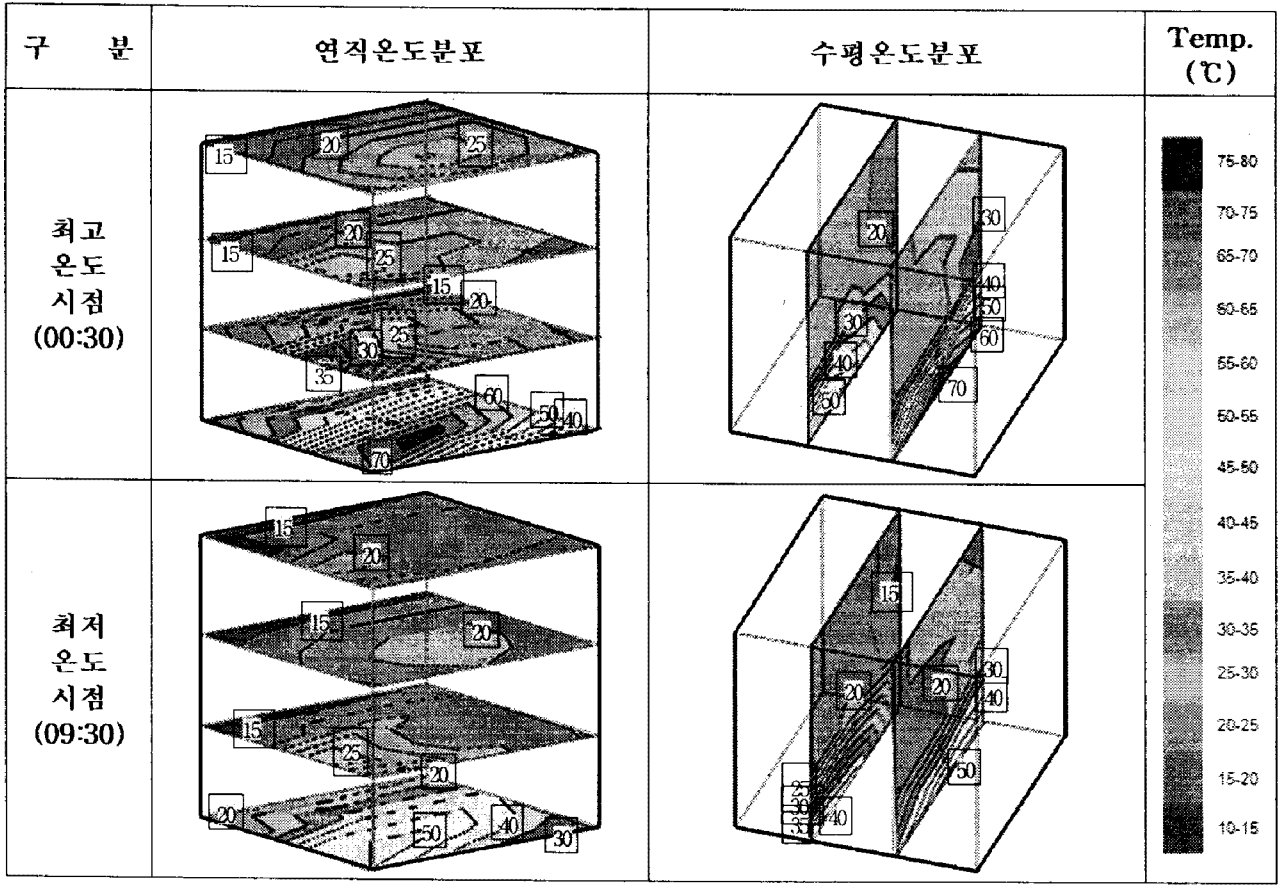


그림 4. 시간경과에 따른 실내 수평/수직 온도분포

때문에 단열 문제에 취약할 것으로 생각되었다. 따라서 실내의 수평/수직적인 온도 분포를 측정된 값을 통해 공간적인 온도 변화를 검토하였다.

그림 4는 실내 최고온도 시점(00:30)분과 2차 난방 전 최저온도 시점(09:30)의 실내의 수직/수평적 온도분포를 나타낸다. 이를 통해, 최고온도 시점의 바닥온도는 최고 약 80℃에서 최하 약 20℃까지 심한 온도 차이를 나타내며, 실 상하 온도차 또한 크게 나타나, 특히 0.1~0.6m 사이에서 약 40℃의 큰 차이를 보이는 것을 알 수 있다.

시간의 변화에 따른 수직/수평적 온도 변화는 바닥 온도에서 큰 차이를 볼 수 있지만, 상층부로 갈수록 시간 변화에 따른 온도 차이는 크게 변하지 않는 것을 알 수 있다.

(3) 예상온열감(PMV) 평가

전통가옥 내부의 온열환경을 평가 결과를 바탕으로 예상온열감(PMV)를 평가하였다.

PMV 계산을 위해 필요한 온도, 습도, 기류, 평균복사온도는 실제 측정값을 이용하였으며, 착의량 및 활동량은 아래 표 2의 조건과 같이 가정하였다.⁵⁾ 또한, 취침 시간은 22:00 ~ 06:00으로 가정하였다.

그림 5를 통해 시간에 따른 PMV 변화는 실내 온도 변화와 거의 유사하게 나타내며, 착의량 및 활동량의 변화가 두드러진 22:00와 6:00에서 일시적으로 큰 변화가 나타난다.

PMV 값의 공간적 변화는 실내 온도 변화

표 2. 착의량 및 활동량 선정

	평상 시	취침 시
착의량	0.61 clo (긴소매 상하의, 속옷)	0.61 + 0.8(이불) = 1.41 clo
활동량	1 met (seated relaxed)	0.8met (취침시)

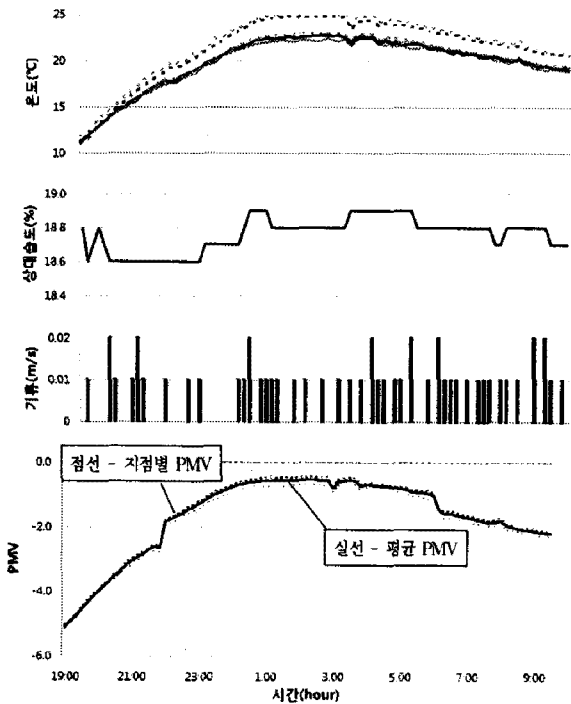


그림 5. 시간에 따른 PMV변화

와 동일하여, 아궁이에서 멀리 떨어지고 창호와 인접한 지점에서 가장 낮게 나타나 쾌적범위를 벗어나는 것으로 나타났다.

(4) 침기량 측정

앞서 언급한 것과 같이 한옥은 개방적인 구조를 가지고 있는 건축물이다. 본 실측 대상의 경우 덧문이 없이 홀문 구조로 이루어져 있어 기밀성 저하로 인해 열적으로 불리할 것으로 보인다.

침기량은 실내외 온도차, 외부풍속에 영향을 받기 때문에, 외부풍속이 상이한 조건에서 2회 측정하였다. 측정대상인 만산고택 서실의 경우 홀문으로 이루어져 기존연구의 덧문개방 결과와 비교가능하다.

기존 연구 결과는 덧문개방 시 한옥의 침기량은 평균 1.28(회/h)[0.91~1.65(회/h)]의 크기의 환기회수를 가진다.

이와 같이, 한옥의 침기량은 현재의 공동주택과 비교하면 상당히 큰 것으로 나타나, 실

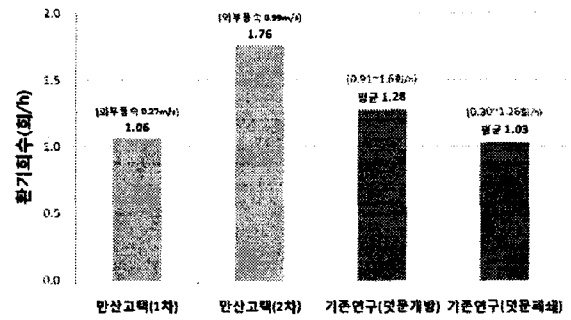


그림 6. 만산고택 서실 침기량 및 기존 연구결과

내온도 분포에 큰 영향을 줄 것이라 생각되며, 거주자의 쾌적감 저하에도 영향을 줄 것이라 판단된다.

(5) 벽면의 열류 특성

침기와 함께 전반적으로 실내 온도 분포에 영향을 줄 수 있는 요인으로는 외피를 통해 손실되는 열량이다.

실내 벽 표면, 창틀 그리고 창호지의 표면 온도를 열전대 및 열적외선 카메라를 이용하여 2회 측정하였으며, 측정된 결과를 이용하여 각 구조체의 손실열량을 계산하였다.

계산에 필요한 각 구조체의 열관류율은 선행 연구결과를 참고하여, 열관류율을 각각 벽체 $3.27(W/m^2 \cdot K)$, 창호지 $8.16(W/m^2 \cdot K)$, 창살 $0.34(W/m^2 \cdot K)$ 로 가정하였다.

계산결과 만산고택의 벽체와 창호의 단위면적($1m^2$)당 열손실은 각각 $85(W/m^2)$, $90(W/m^2)$ 로 예상보다 창호의 열성능이 벽체에 비해 그다지 열악하지 않게 나타났다. 그러나 그림 7과 같이, 현재의 주택관련 단열성능기준⁶⁾에 따라 벽체($0.47W/m^2 \cdot K$), 창호($3.84W/m^2 \cdot K$)의 열성능을 개선한 경우와 비교하면, 만산고택 벽체의 경우 단위면적당 관류열량이 약 7배, 창호의 경우는 오히려 현재의 창호에 비해 열성능이 우수한 것으로 나타났다. 이것은 전통 가옥의 창호는 비록 기밀성은 떨어져 침기에 의한 열손실은 우려되지만 창호자체의 열성능을 보면 단열성능

5) ASHRAE, 2005 ASHRAE Handbook Fundamentals

6) 지역별 건축물 부위의 열관류율표(제21조관련), 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙, 건설교통부령 제512호

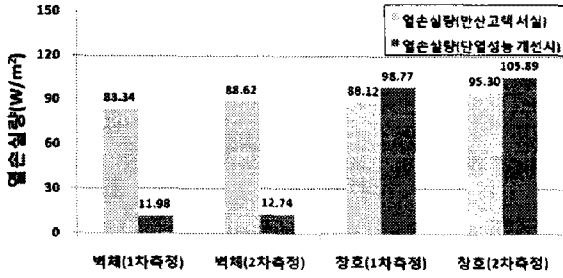


그림 7. 만산고택 서실 기준 및 개선시 관류열량이 좋은 창살(목재)이 차지하는 면적비율이 높기 때문으로 판단된다.

3. 결론

전통가옥의 온열환경 특성에 관한 기초 연구 자료 확립을 위해 본 연구에서 전통가옥 실내의 온열환경에 대한 특성을 분석하고, 실측결과를 바탕으로 거주자의 온열감 평가를 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 실내 온열환경 특성

- 실측결과 실내의 온도 분포는 위치에 따라 바닥온도는 약 20~80℃의 큰 차이를 나타나게 되며, 수직적으로는 0.1~0.6m 사이의 높이에서 최대 40℃ 정도의 큰 차이를 보임을 알 수 있다.
- 실측 데이터를 통해 산출된 실내 예상온열감(PMV) 특성은 실내의 온도변화 특성과 유사하게 나타났다. 또한 위치상으로, 실중상부와 아궁이에 가까운 지점은 취침 시간 중 약 2시간 동안 쾌적(PMV 0.5~-0.5)한 상태를 나타냈으나 창호와 근접하고 아궁이와 먼 지점은 취침시간 중 쾌적 범위에 도달하지 못하였다.

(2) 침기량 및 열류 특성

- 한옥의 온열환경을 형성하는데 지배적 요소인 침기량과 외피를 통한 열류량에 대해 분석하였다.
- 2차에 걸쳐 실시한 침기량 측정에서 외부 풍속, 실내외 온도차 등에 따라 침기량 변화 또한 크게 나타났다. 환기량을 현재의

환기기준과 비교했을 경우, 약 2배에 근접할 정도의 큰 환기량을 보였는데 실내의 환기 문제와 오염물질 배출 차원에서는 긍정적이라 할 수 있지만 실내의 온열감 저하, 특히 겨울철 난방 부하 증가에 큰 영향을 주게 된다.

실측 대상 가옥의 벽면 및 창호에 대한 열류특성 검토결과, 전통가옥의 벽면과 창호의 열손실량은 큰 차이가 없으나, 현재의 단일 성능기준으로 개선할 경우 벽면을 통한 열손실량은 약 1/7로 크게 감소해 실내 온열환경의 개선이 기대된다.

이와 같이 전통건축의 실내 온열환경에 대해 실측을 통해 분석한 결과를 보고하였다. 추후에는 시험결과에 대한 상세한 검토 및 시뮬레이션을 통해 한옥의 구성요소와 온열환경과의 상관관계를 검토할 예정이다.

참 고 문 헌

1. 송승영 외, 축소모형실험을 통한 흙집의동계열환경 및 에너지성능평가, 대한건축학회논문집 구조계, Vol.23, No.9, 2007
2. 배상환 외, 중부지방 전통민가의 침기 성능 측정평가, 대한건축학회 학술발표논문집, Vol.15, No.1, 1995
3. 김명신 외, 열환경 개선을 위한 전통민가의 보존적 개수방안 연구, 대한건축학회 논문집 계획계, Vol.20, No.7, 2004
4. 손장열 외, 전통온돌방의 실내온열환경 및 온열감에 관한 연구, 한국주거학회논문집, Vol.15, No.2, 2004
5. ASHRAE, 2005 ASHRAE Handbook Fundamentals
6. 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙, 건설교통부령 제512호, 2006
7. 송두삼 외, 실측과 CFD을 통한 해인사 경내 및 관전에 대한 기류분포 특성의 조사, 한국건축친환경설비학회 논문집, Vol.1, No.3