

신한옥의 쾌적성능 평가: 전남 화순 잠정햇살마을 한옥단지를 대상으로*

Evaluation of Comfort Performance for Modernized Hanok: Targeting Hanok Residence at the Jamjeong-Haetsal Village in Hwasun, Jeonnam Province

최승주** · 이미향*** · 김재향**** · 한승훈*****

Seung-Ju Choe** · Mihyang Lee*** · Jae-Hyang Kim**** · Seung-Hoon Han*****

Abstract

With increasing interest in living in hanoks, there's a growing need for more quantitative data on the thermal comfort performance of modern hanoks. With that in mind, this research project studied a modern hanok located in Jamjeong-Haetsal Village in Hwasun, Jeollanam Province as a case study to evaluate the Predicted Mean Vote (PMV) of modernized hanoks. Based on environmental data collected at the hanok and computer simulation both Life-Cycle PMV (L.C.PMV) and Normal PMV (N.PMV) were calculated for the hanok. Study results showed that during the summer and winter seasons the PMV and heat index at major heat and major cold weather points significantly deviated from the comfort zone. The rate of change in PMV was also greater in the winter than in the summer. The study found that the modern hanok lacks proper thermal insulation for maintaining thermal comfort.

Keywords : Modernized Hanok, Thermal Comfort, Predicted Mean Vote, Predicted Percentage of Dissatisfied

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

현대식 주거공간이 건설 자재로부터 유발되는 오염물질과 건강에 영향을 미치는 각종 독성 화학성분으로 인해 문제시되면서 친환경, 친자연적이며 쾌적한 한옥에 대한 가치가 재조명되고 있고, 삶의 수준이 높아짐에 따라 웰빙과 로하스(LOHAS, Lifestyles

of Health and Sustainability)가 주거환경에 중요한 개념으로 자리 잡으면서 한옥 거주에 대한 관심과 수요가 증가하고 있다. 실제 일반인을 대상으로 설문 조사한 결과, 한옥에 살고 싶은 가장 큰 이유로 개방적인 구조로 친환경적이고 건강에 이로워 심리적 으로 안정감을 준다고 응답하였다(국가한옥센터, 2021).

우리나라 주택 문화의 정체성을 세우고 주거생활

*이 연구는 국토교통부 도시건축연구사업 한옥기술개발연구(21AUDP-B128638-05) 및 과학기술정보통신부(한국연구재단) 이공분야기초연구사업 중견연구(NRF-2021R1A2C2011893) 지원으로 수행되었습니다.

**전남대학교 일반대학원 건축토목공학과 박사과정(주저자: zogzag567@naver.com)

***전남대학교 산학협력단 연구원, 문화재학박사

****전남대학교 일반대학원 건축토목공학과 박사과정

*****전남대학교 공과대학 건축학부 교수, 건축학박사(교신저자: hshoon@jnu.ac.kr)

의 유익한 측면을 가장 한국적인 것에서 찾고자 하는 인식의 변화로 한옥에 대한 관심은 날로 높아져 가고 있으며, 한옥의 현대화 및 활성화에 대한 사회적, 정책적 관심이 높아지면서 정부 주도로 기술 실용화 연구와 함께 각종 관련 정책의 수립이 진행되고 있다.

국도교통부의 자료에 따르면 2010년 전후 조사 시점을 기준으로 한 해 평균 지어진 한옥은 1,533채고, 가장 많은 한옥이 지어진 지역은 전라남도 33.68%가 집중되었다(건축도시공간연구소, 2016). 아울러 건축공간연구원에 따르면, 대한민국에 축조된 목조 건축물 1,438,846채 중 잠정적인 한옥의 추정치는 209,884채이며, 그 중 한옥 건축행위가 집중된 지역은 전남 지역이 55,564채로 전체 한옥 중 26.47%의 비율을 차지하고 있는 것으로 나타났다(건축공간연구원, 2017).

이처럼 최근 몇 년간 한옥의 양적 보급에는 어느 정도 성과를 보였으나, 그에 비해 실제 사용하고 있는 한옥에 대한 모니터링과 거주자 측면에서 고려되어야 할 성능 확보 및 쾌적감에 대한 정량적 자료는 전무한 실정이다. 특히 주거공간이 과거 의식주를 해결하는 단순한 물리적 공간의 차원을 넘어 심리적 쾌적 및 안정된 공간으로 변화함에 따라 한옥 보급 및 성능의 개선을 위해서는 거주자가 생활하면서 느끼는 쾌적감에 관한 연구가 필연적인 것이 되었다.

이에 본 연구는 지자체 주도로 한옥을 설계, 시공, 분양하여 현재 거주하고 있는 전라남도 화순 잠정했살마을의 한옥에 대한 모니터링을 통해 축적한 자료를 바탕으로 거주성능에 영향을 미치는 실내공간의 열적 쾌적성을 평가하였다. 이를 통해 한옥 실내공간의 열환경 특성을 분석하여 개선 방안을 제시하는 것에 그 목적이 있다. 이는 추후 한옥의 성능평가 방

법 및 기준 연구에 대한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

1.2 연구의 범위 및 방법

2009년 농수산식품부는 농촌지역에 쾌적하고 다양한 형태의 주거공간 조성을 지원하며, 도시민의 농촌유입을 촉진하고 농촌인구유지 및 활성화를 도모하고자 농어촌뉴타운사업지구를 지정하였다(농림수산식품부, 2009).¹⁾ 이에 따라 선정된 화순 잠정지구는 지자체가 주도하여 새로운 주거단지 개발 및 다양한 주거유형에 대한 요구를 반영하고 지역 브랜드와 경쟁력 강화를 위한 방법으로 전세 공급 세대 200호 중 단독주택 50호를 한옥으로 설계, 시공, 분양하였다(화순군, 2010). 5가지 사업지구 중에서 성공적인 한옥보급사업으로 분류된다(한석중, 2012).

이 연구는 국가기관의 정책단계에서 시행된 한옥 마을 조성사업 성공사례인 화순 잠정했살마을을 대상으로 진행하였다. 대상지는 마을 중앙 커뮤니티 광장을 중심으로 전면부에 타운하우스를 배치하고 자연지형에 순응하여 후면 경사가 높은 지역에 한옥 주택을 배치하여 경관의 조화와 위계에 따라 분산 배치하는 것을 주요 계획방향으로 삼고 있다.

한옥의 평면은 남도지방의 전통민가를 계승한 ㅡ자형과, 마당을 둘러싼 평면구성으로 현대적 생활패턴을 수용할 수 있도록 내부공간을 계획한 ㄱ자형, 그리고 한옥의 조형과 공간감을 추구하고 변화를 통해 입체감을 부각한 ㄷ자형의 세 유형으로 계획되어 수요자의 기호에 따라 선택하도록 구성하였다(금성건축, 2011).

한옥 실내에서 생활하며 느껴지는 온난하고 쾌적한 정도를 평가하는데 거주자의 신체적 특징 및

1) 2009년 농식품부로부터 지정된 시범지구는 단양 옛단양, 장수 학골, 고창 월곡, 장성 유평과 화순 잠정 5개로 부지조성, 도로, 상하수도, 전기통신, 공원녹지, 커뮤니티시설, 주차장 등 마을기반조성과 농어촌 주택건설 및 공급으로 100m² 이하 주택공급과 단층 또는 복층으로 구성된 분양 혹은 임대주택으로 공급하며 사업은 지자체가 추진하였다.

주관적 감성이 작용하므로 이러한 변수를 제어하기 위해 전체 50호의 한옥 중 현대적 생활패턴이 적용되고 가장 큰 면적을 가진 7자형 한옥을 모니터링 대상으로 선정하였으며, 그 건축부의 물성 구성은 Table 1에 제시된 바와 같다. 선정 대상지는 건축법에 명시되어 있는 주요 기준을 모두 준수하고 있다.

이 연구에서는 선행연구 검토를 통해 평가지표로 선정된 예상평균온열감(PMV, Predicted Mean Vote)을 적용하였으며, 사용자 요소를 조작변인으로 설정하여 한옥 공간의 열환경을 검토하였다. 이에 따라 시험 순서는 환경측정 장비를 통한 한옥 주요 공간의 환경 데이터 확보, 환경인자 기반의 PMV 산출 및 그 분석에 따른 한옥 열쾌적성 변화 추이 파악의 세 가지 단계로 구성했다.

국내·외 인증제도 기준에 부합하는 독일 T사의 종합 환경 측정기를 모니터링에 활용했으며, 측정 환경인자로서 건구온도, 상대습도, 복사온도, 기류속

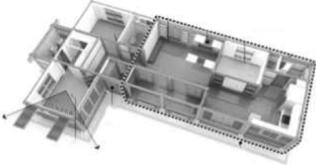
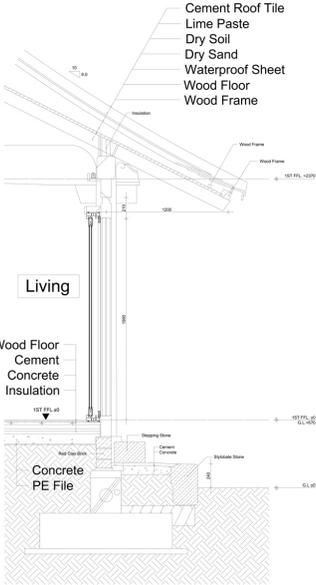
도를 설정하였다. 또한, 시험 방법으로서 환경분석 시뮬레이션 프로그램인 Grasshopper Ladybug에서 제공하는 PMV Calculator를 활용하여 분석결과를 도출했다.

2. 평가지표 설정 및 적용성 검토

2.1 평가지표 설정

건축을 비롯하여 열환경 연구에 활용되는 열적 쾌적감 평가지표는 다양하며, 대표적으로 HOT(Humid Operative Temperature), ET(Effective Temperature), DI(Discomfort Index), UTCI(Universal Thermal Climate Index), SET(Standard New Effective Temperature), WBGT(Wet-Bulb Globe Temperature) 등이 있다. 이렇듯 다양한 열쾌적성 평가지표의 개발 근간에는 덴마크 공과대학의 포블 올레 광겔 교수가 고안한 열쾌적 지표인 PMV가 존재한다(윤용

Table 1. Outline of Target Hanok

Overall Layout	Deatiled Section	Materials	Thickness (mm)	
 <p>3D Modeling (99.586m²)</p>		Floor	Concrete	100, 40
		Rubble Stone	150	
Waterproof Vinyl		40		
Wall		Wood Stud	85	
Gypsum Board		9.5 * 2		
Waterproof Vinyl		-		
Ceiling		Lime Compaction	150	
Wood		120, 30		
Insulation		85		
Window		Double Glass	22	
Single Glass	5			
Wood Frame	45			



Front View

한, 2014).

PMV는 열적 중립을 유지하지 못하는 환경에서 사용자가 느낄 수 있는 온열감을 예측할 수 있는 지표로써, 온열감에 영향을 주는 6가지 환경 및 사용자 변인을 기반으로 사용자의 열쾌적성을 산출한다. 6가지 변인의 종류로는 건구온도(Dry-Bulb Temperature), 복사온도(MRT, Mean Radiant Temperature), 기류속도(Wind Speed), 상대습도(Relative Temperature)의 4가지 환경요소와 사용자의 대사량(Metabolic Rate), 의복량(Clothing Level)의 2가지 사용자 조건이 존재한다. 또한, 팡겔 교수는 산출된 PMV에 대해 사용자들이 느낄 수 있는 불만족감의 비율을 함께 고안하여 PMV가 가지는 유의미성을 높이고자 했으며, 이를 예상평균불만족률(PPD, Predicted Percentage of Dissatisfied)로 명명했다. ISO 7730 규격을 기준으로 PMV의 권장 영역은 -0.5 이상, 0.5 이하로, PPD는 10%이하일 경우 사용자는 열환경에 대해 쾌적감을 느낄 수 있다고 규정하고 있다(ISO(1984), "ISO 7730").

이 연구는 실거주중인 한옥 공간의 열환경을 측정하기 때문에 사용자 특성이 변수로 작용하며, 다만 측정된 열환경 평가지표의 일반화를 위해 사용자 특성이 일정 수준으로 통제되어야 한다. 이러한 관점에서 PMV는 사용자 변수의 유형화가 가능하다는 장점을 지니며, 반면 지표의 산출 특성상 외부요소 특성을 정밀하게 반영하지 못한다는 한계가 있다(윤용한, 2014). 이에 실내 열환경 평가의 PMV 적용성 및 활용 가능성 검토를 위한 선행연구 분석이 요구된다.

2.2 평가지표 검증

PMV는 아파트 거실, 사무공간 등 건축물의 주 공간에서 발현되는 열적 쾌적감을 평가할 수 있는 도구로 활용된다. 또한, 이를 통해 실내공간의 환기량, 에너지소비량, 공조방식 등 열환경에 영향을 줄 수

있는 실내 구성요소들의 연구 분야에서도 직·간접적인 근거자료가 될 수 있다.

한석중의 연구(2012)에서는 강의실에 설치된 공조설비의 풍량에 따른 열쾌적성 변화를 파악하기 위해 실내 지점별 PMV 및 CO₂ 변화량을 측정하였으며, 이를 토대로 겨울철 공조설비의 적정 환기량을 제시하고 있다. 또한, 소진섭의 연구(2014)에서는 전동차량의 실내 열환경을 파악하기 위해 전동차의 온·습도 측정 및 PMV 산출 비교를 통해 전동차량의 냉·난방을 위한 공기조화장치의 가동조건을 제시하고 있다. 이처럼 PMV는 실내공간의 열적 쾌적감을 정량적으로 판단하기 위한 근거자료로서 유의미하며, 현재까지도 공간의 열환경 연구 분야에서 가장 보편적으로 활용되고 있다.

아울러, 스마트 건축설비 개념의 도래에 따라 AI(Artificial Intelligence) 기반 실내환경 판단 및 운영 알고리즘 구성상의 실내 열환경 조절을 위한 주요 판단 지표로서 PMV가 적용되어 있다(고효진, 2007). 이러한 선행연구 검토를 통해 PMV가 실내 열환경 평가에 유효성을 지닌 평가지표임이 파악되었으며, 이에 따라 이 연구에서도 PMV를 활용하여 실험을 진행했다.

3. 시험 개요

3.1 변인 및 조건 설정

이 시험은 한옥공간의 환경특성에 따른 열쾌적성 파악을 위함이므로 PMV 산출에 필요한 대사량과의 복량을 입력할 필요가 있다. 그러나, 보편적이지 않은 사용자 특성을 적용시킬 경우, PMV 일반화의 오류 발생 가능성이 있으므로 결과 산출에 앞서 건축물 사용자의 Life-Cycle과 이에 따른 대표 활동을 도출했다. 한옥 재실자의 Life-Cycle 설정은 통계청에서 제공하는 대한민국 성인 평균 수면시간 및 출·퇴근시간, 여가활동 시간을 참조하여 작성되었으며,

Table 2. Measuring Equipment of Hanok Indoor Environment

Category	Activity	Time	Metabolic	Clothing Level
Applying Life-cycle	Sleeping	00:00 ~ 08:00	40 (0.7)	Sleepwears (0.96)
	Preparing	08:00 ~ 09:00	95 (1.6)	Trousers (0.61)
	Working (Empty)	09:00 ~ 18:00	70 (1.2)	Trousers (0.61)
	Living	18:00 ~ 24:00	70 (1.2)	Trousers (0.61)
Non	Standing	00:00 ~ 24:00	70 (1.2)	Trousers (0.61)

Source: ASHRAE(2010), "ASHRAE 55-2010"

그 내용은 Table 2와 같다. 이에 따라 설정된 Life-Cycle 구간별 대사량, 활동량을 개별적으로 설정, 적용하여 조작변인으로 분류하였으며, 산출된 PMV는 L.C.PMV(Life-Cycle PMV)로 명명하였다.

이와 더불어 대사량과 의복량을 통제조건으로 분류한 PMV의 산출도 동시에 진행되었으며, 해당 PMV는 N.PMV(Normal PMV)로 명명하였다. N.PMV의 경우, 대사량은 '일어서서 쉰다(70, 1.2)'로 설정되었으며, 의복량은 'Y셔츠와 바지(0.61)'를 기준으로 산출하였다.

3.2 시험 장소 및 시점 설정

환경 데이터 수집을 위한 모니터링 장소는 모든 한옥 거주자의 접근과 이용이 가능하며 보편적인 생활 패턴 도출이 가능한 거실공간으로 한정했다. 또한, 환경측정 장비의 설치는 설비요소의 직접적인 영향력을 최소화하고 거주자의 생활에 불편함을 주지 않기 위해 개구부에 가까운 영역에 환경측정 장비를 설치하였으며, 그 위치는 Fig. 1에 제시된 바와 같다.

모니터링 시험 일정은 2019년 연중 수행되었으며, 한반도의 계절적 특성이 반영된 전통적 시간 개념인 24절기를 활용했다. 분석 시점은 각 절기 중에서 일조시간 및 기온의 변화가 극단적인 시점을 모니터링 수행 시점으로 설정했다. 동시에, 간절기 시점의 보편적인 기후조건을 함께 비교하기 위해 봄·가을철 절기 중 간절기의 계절적 특성이 표현된 절



Fig. 1. Location of Install Equipment

기를 분석 시점에 추가했다. 이에 따라, 최종적으로 하지, 동지, 대서, 대한 및 상강 시점이 분석 시점으로 설정되었다.

각 시점별로 모니터링은 24시간동안 수행되었으며, 환경 데이터 수집 시간은 5분 단위로 설정되었다. 수집된 데이터는 1시간 단위의 평균값으로 변환하여 최종 PMV를 산출하였으며, 이와 같은 일련의 과정을 통해 한옥의 열환경 영향요인별 변수에 따른 오차를 줄이고자 했다.

개구부의 경우, 배면창은 모니터링 시점에 관계없이 항상 닫혀있는 상태를 유지했다. 아울러 시점에 따라 여름철에는 정면 개구부가 열린 상태에서 측정을 진행했으며, 반대로 겨울철에는 닫힌 상태에서 데이터를 수집했다. 또한, 모든 데이터 수집 시점별로 수면시간을 제외한 시간 동안은 사용자가 설비를 가동하지 않는 조건으로 설정하여 시험 진행하였다.

4. 시험결과 분석

4.1 하지

하지 시점에서 산출된 N.PMV의 범위는 0.01~1.13으로 나타나며, PPD 95% 수준 PMV 쾌적구간인 -0.5~0.5 구간보다 양의 방향으로 최대 0.63의 차이를 보이는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 하지 시점의 한옥 공간에서 사용자가 '약간 더운' 감각을 느낄 수 있음을 의미한다.

Life-Cycle에 따른 L.C.PMV의 범위는 아래 Fig. 2 및 Fig. 3과 같다. 수면시간의 L.C.PMV는 0.15~0.36 구간의 분포를 보이며, 평균 0.26의 값이 도출되었다. 이를 통해 수면시간의 PMV는 모두 쾌적구간 내에 분포하며, 사용자는 '쾌적한' 감각을 느낄 것으로 기대된다.

오전 활동시간의 L.C.PMV는 0.44~0.82로 나타났으며, 평균 PMV는 0.63인 것으로 드러났다. 이에 따라 오전 활동시간은 수면시간 대비 '약간 더운' 열적

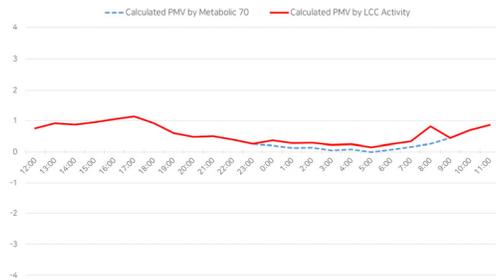


Fig. 2. Distribution of N.PMV in Summer Solstice

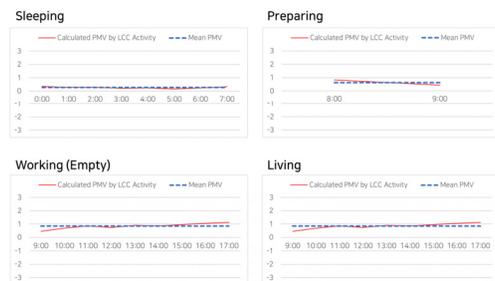


Fig. 3. Distribution of L.C.PMV in Summer Solstice

감각을 느낄 가능성이 높아졌음을 알 수 있다.

공실시간에 측정된 L.C.PMV는 0.44~1.13구간에 분포하며, 평균 0.85 수준의 PMV를 가지는 것으로 나타났다. 이는 수면 및 오전 활동 시간 대비 일조시간 증가에 따른 기온 상승에 기인한 것으로 판단되며, 앞서 측정된 각 시점별 열쾌적성에 비해 '약간 더운' 감각을 느낄 가능성이 높아진 것으로 파악된다.

마지막으로, 오후 활동시간 L.C.PMV는 0.26~0.91 구간에 분포하며, 평균 0.52의 값이 도출되었다. 이는 PMV 쾌적구간보다 양의 방향으로 0.02 수준으로, 공실시간 대비 사용자가 '약간 더운' 느낌을 가질 가능성이 낮아졌음을 파악할 수 있다.

4.2 대서

대서 시점 N.PMV는 1.12~2.41로, PMV 쾌적구간보다 양의 방향으로 최대 0.62~1.91의 차이를 보였으며, 하지 시점에 비해 PMV의 분포가 최대값을 기준으로 1.28 높아진 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 대서 시점에서 한옥에 머무를 경우 '약간 더운', '더운', '매우 더운'의 감각을 느낄 확률이 높다는 것을 의미한다.

L.C.PMV의 범위는 Fig. 4와 Fig. 5에서 보이는 바와 같이 활동 순서에 따라 변화하는 추이를 나타낸다. 수면시간의 L.C.PMV는 0.14~0.70으로, 평균 PMV는 0.31로 산출되었다. 이를 통해 사용자가 수면활동을 취하는 시간대에서 '약한 더위'를 느낄 가능성이 있다.

오전 영역 L.C.PMV는 1.88~1.96으로서 하지 시점에 비해 PMV 값이 최대 1.44 높아진 것을 확인할 수 있다. 평균 PMV 또한 1.92로 산출되며, 오전 활동시간은 수면시간 대비 '약간 더운' 부터 '매우 더운' 감각을 체감할 확률이 높아졌음을 알 수 있다.

공실시간에 측정된 L.C.PMV 분포는 1.29~2.41로, 평균 2.09 수준의 값이 측정되었는데, 하지 대비 기온 증가에 따른 여름철 계절 특성이 열쾌적성에

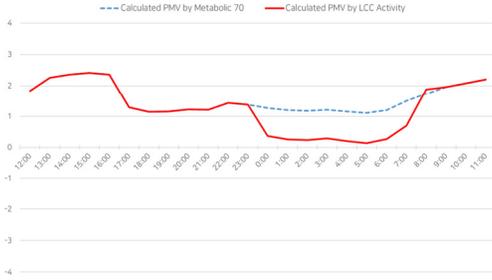


Fig. 4. Distribution of N.PMV in Major Heat

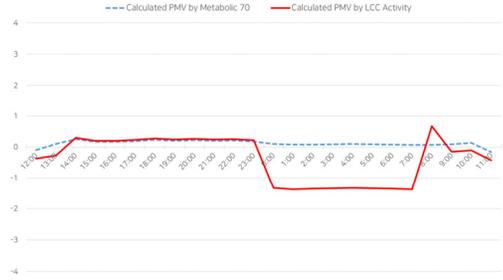


Fig. 6. Distribution of N.PMV in Frost Descent

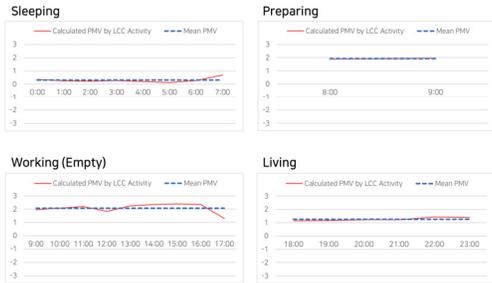


Fig. 5. Distribution of L.C.PMV in Major Heat

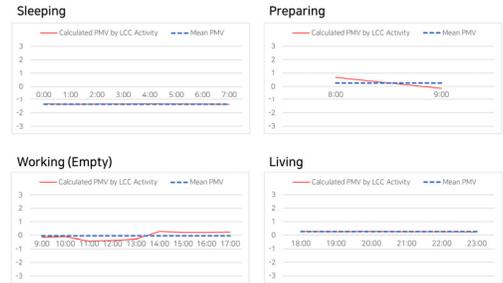


Fig. 7. Distribution of L.C.PMV in Frost Descent

대해 큰 영향을 미치고 있음을 파악할 수 있다. 이에 따라 공실시간에 사용자는 ‘약한 더운’ 부터 ‘매우 더운’ 감각을 느낄 가능성이 점차 높아지고 있음을 알 수 있다.

오후 활동시간 L.C.PMV는 1.15~1.43 구간으로서 평균 1.26의 PMV 값이 산출되었다. 이러한 결과는 공실시간 대비 사용자가 더위를 느낄 확률이 낮아졌음을 의미한다.

4.3 상강

상강 시점의 N.PMV는 -0.16~0.25로서 산출된 모든 PMV 값이 PPD 95% 기준 쾌적구간 내에 분포하는 것으로 나타났다. 이를 통해 상강 시점 한옥 공간은 사용자가 활동하기에 적합한 열환경을 제공할 수 있으며, 사용자는 실내공간에서 ‘쾌적한’ 열감각을 느낄 것으로 판단된다.

L.C.PMV는 구분된 활동 유형에 따라 Fig. 6 및 Fig. 7의 양상을 보인다. 수면시간의 L.C.PMV는 -1.38~

-1.33의 분포를 보이며, 평균은 -1.36으로서 측정된 PMV가 전반적으로 쾌적구간보다 낮은 위치에 분포하였다. 이를 통해 사용자는 수면시간에 ‘약간 추운’ 혹은 ‘추운’ 감각을 느낄 가능성이 높다.

오전 활동시간 L.C.PMV는 -0.15~0.67로, 수면시간대에 비해 열적 쾌적감이 ‘쾌적한’ 감각을 느낄 확률이 높아졌음을 확인할 수 있다. 평균 PMV는 0.26으로, 사용자는 실내공간에서 ‘쾌적한’ 감각을 체감할 수 있을 것으로 보인다.

공실시간 측정된 L.C.PMV는 -0.43~0.29로, 해당 시간대 모든 측정 시점의 열환경이 사용자에게 쾌적함을 제공할 수 있다는 결과를 보였다. 평균 PMV 또한 -0.05로 0에 매우 가까운 값을 보이며, 이에 따라 공실시간 사용자는 오전 활동시간과 마찬가지로 실내에서 대체적으로 ‘쾌적한’ 열쾌적성을 느낄 수 있다는 분석결과가 도출되었다.

오후 활동시간의 L.C.PMV 또한 0.22~0.28 구간에 분포하였으며, 평균 0.25의 PMV가 산출되었다.

이러한 결과는 오전 활동 및 공실시간과 동일하게 한옥 실내공간의 열환경이 사용자에게 쾌적함을 제공할 수 있다는 것을 의미한다.

4.4 동지

동지 시점 N.PMV는 -1.38~0.75로서 산출된 PMV 분포가 PPD 95% 쾌적구간보다 낮은 분포를 보이는 것으로 나타났다. 동지 시점에서 한옥 사용자는 '쾌적한' 열감을 느낄 수 없으며, '약간 추운' 혹은 '추운' 감각을 느낄 것으로 나타났다.

L.C.PMV는 시간대 변화에 따라 Fig. 8 및 Fig. 9의 양상을 보였으며, 수면시간 L.C.PMV는 -3.07~-2.53의 분포를 보였다. 평균 PMV 또한 -2.84로, 사용자가 실내에서 수면을 취한다면 '추운' 혹은 '매우 추운' 감각을 느낄 가능성이 높다.

오전 활동시간의 L.C.PMV는 -0.36~-1.14로, 수면시간에 비해서 '쾌적한' 감각을 느낄 확률이 높아졌음을 확인할 수 있다. 평균 PMV 또한 -0.75로 수

면시간에 비해 쾌적구간에 가까워지긴 했으나, 사용자는 여전히 '약간 추운' 열쾌적성을 체감할 가능성이 높다.

공실시간에 측정된 L.C.PMV는 -1.15~0.20으로 나타나며, 평균 PMV는 -0.56으로 산출되었다. 이러한 결과는 앞서 나타난 수면 및 오전 활동시간에 대비해 공실시간의 한옥 사용자는 쾌적한 열환경을 제공할 수 있음을 의미한다. 그러나 여전히 쾌적구간에서 음수 방향으로 PMV가 분포하기 때문에 사용자는 '쾌적한' 감각과 더불어 '약간 추운' 감각을 느낄 가능성도 공존한다.

마지막으로, 오후 활동시간의 L.C.PMV는 -0.60~-0.52 구간에 분포하며, 평균 PMV는 -0.56인 것으로 나타났다. 이를 통해 오후 활동시간대는 공실시간 대비 쾌적한 열환경을 제공할 확률이 낮아졌음을 파악할 수 있으며, 사용자는 해당 시점에서 '약간 추운' 감각을 느낄 것으로 판단된다. 그러나 분포구간 범위가 가장 좁기 때문에 열쾌적성의 변화는 가장 적을 것이라는 분석결과가 도출되었다.

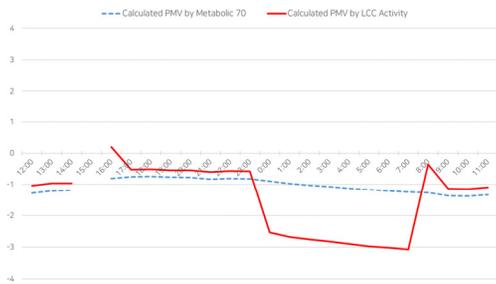


Fig. 8. Distribution of N.PMV in Winter Solstice

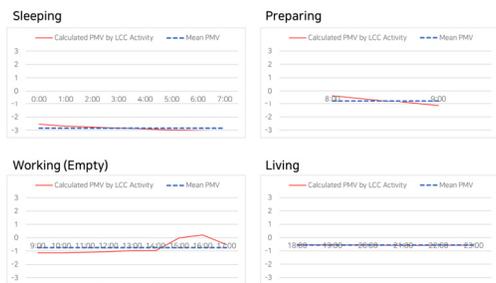


Fig. 9 Distribution of L.C.PMV in Winter Solstice

4.5 대한

대한 시점의 N.PMV는 -2.28~-1.21로 나타나며, 이전 절기에 비해 음수 방향으로 PMV의 분포 범위가 이동하고 있는 양상을 파악할 수 있다. 이를 통해, 사용자는 실내공간에서 '추운' 혹은 '매우 추운' 열감을 느낄 것으로 나타났다.

L.C.PMV는 시간대의 변화에 따라 Fig. 10 및 Fig. 11의 산출결과를 보이며, 수면시간의 L.C.PMV는 -3.66~-0.50으로, 측정된 PMV 분포 중 가장 넓은 구간을 가지는 것으로 나타났다. 이에 따라, 사용자는 한옥에서 수면을 취할 때 '쾌적한', '약간 추운', '추운', '매우 추운'의 다양한 열감각을 느낄 수 있다.

오전 활동시간 L.C.PMV는 -1.68~-1.64로 나타나며, 여전히 사용자는 추위를 느낄 확률이 높은 것으로 드러났다. 평균 PMV 또한 -1.66으로 수면시간 대

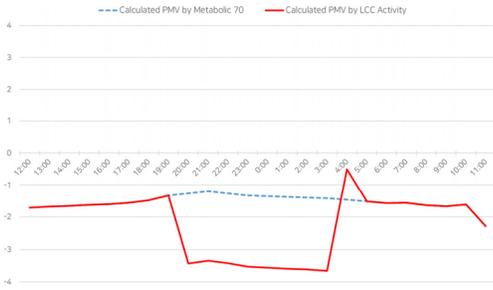


Fig. 10. Distribution of N.PM in Major Cold

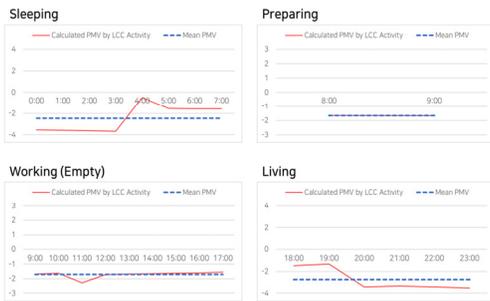


Fig. 11. Distribution of L.C.PM in Major Cold

비 양수 방향으로 분포가 움직이는 현상을 보이나, 사용자는 여전히 '추운' 감각을 느낄 확률이 크다.

공실시간 L.C.PMV는 -2.28~-1.56 구간에 분포하며, PMV의 평균값은 -1.71로 나타났다. 이러한 분포 경향은 오전 활동시간에 비해 공실시간 실내 열환경이 크게 변화하지 않았음을 의미하며, 태양광이 유입됨에도 불구하고 오히려 실내에서 추위를 느낄 확률이 높아졌음을 의미한다.

오후 활동시간에 측정된 L.C.PMV는 -3.53~-1.33으로서 앞서 공실시간에 나타났던 경향이 더욱 심화되는 양상을 보인다. 결론적으로 오전 활동시간부터 오후 활동시간에 걸쳐 사용자가 추위를 느낄 확률이 점진적으로 증가하는 현상을 파악할 수 있었다.

4.6 분석의 종합

하지 시점의 PMV 분포는 0.01~1.1로 나타나며, 사용자는 실내공간에서 쾌적함 혹은 약한 더위를 느

낄 확률이 높은 것으로 드러났다. 다음으로, 대서 시점의 PMV는 하지 시점 대비 최대 1.44 수준의 PMV 상승이 이루어지며, 여름철의 계절적 특성에 따른 기온 변화가 재실공간에도 투영되는 현상을 파악할 수 있었다.

반면, 상강 시점의 PMV는 타 절기에 비해 한옥 공간에서 '쾌적한' 열환경을 제공할 수 있으나, 활동의 종류 및 의복량에 따라 PMV는 최대 -1.38까지 떨어질 수 있다는 결과가 도출되었다. 이러한 현상은 대한 시점에 가까워질수록 극대화되며 사용자의 Life-cycle 적용에 따라 최대 -3.66까지 떨어지고 있었다. 이를 통해 한옥 건축물이 온도 상승 대비 온도 감소에 따른 기온 변화에 대한 민감도가 높다는 사실을 파악할 수 있었다.

5. 결론

한옥보급사업 확대에 따라 정부 주도의 한옥마을 조성사업을 통해 지어진 한옥 주거단지 중 하나인 전남 화순 잠정햇살마을 신한옥 모듈의 열환경 평가를 위해 PMV 모니터링 및 시험 수행 결과를 요약하면 다음과 같다.

계절이 극단적인 환경으로 변화함에 따라 여름 및 겨울철 시점에서 산출된 PMV는 ISO 7730 기준 쾌적구간을 완전히 벗어났으나, PMV의 범주는 1.07~1.21 수준으로 큰 차이를 보이지 않았다. 한편, 하지 시점의 PMV 범주 일부가 쾌적구간에 포함되는 반면, 동지 시점에서는 쾌적구간을 완전히 벗어나는 결과를 보인다. 이러한 현상은 한옥 건축물이 가지는 방열성능에 기인하는 것으로 판단된다.

이에 화순 한옥과 유사한 방식의 한옥을 축조하기 전에 재료적 측면에서 벽체의 단열재 보강 및 구조체 피복을 통한 단열성능 증대가 이루어져야 한다. 또한, 계획적 측면에서 한옥의 외벽부에 틈마루와 같이 실내·외의 환경을 구분할 수 있는 완충공간이

구성되어야 한다. 아울러 거실공간에도 반자공간과 같은 내부 전이공간을 구성하여 생활공간을 보호할 필요가 있을 것으로 보인다.

이 연구는 실거주 한옥의 환경을 측정하여 성능평가를 했다는 점에서 유의미하다. 다만, 장비의 수량과 설치 영역의 협소함, 설비요소 제어의 현실적 한계 등은 보완점으로 볼 수 있다. 한옥 테스트베드 구축, 운영 및 활용을 통해 연속 시점에 대한 연구 수행 필요성이 있으며, 시험환경 제어가 가능한 실거주지를 대상으로 추가적인 후속 검증시험이 요구된다.

참고문헌

1. 건축공간연구원(2017), 「2017 한옥 통계백서」.
2. 건축도시공간연구소(2016), 「한옥동향보고서」.
3. 고효진(2007), “PMV를 이용한 거주자 위치 기반 냉난방 제어 알고리즘”, 「한국정밀공학회 학술발표대회 논문집」, 2007(11): 55~56.
4. 국가한옥센터(2021), 「대국민 한옥인식 및 수요특성 조사」.
5. 금성건축(2011), 「화순잠정지구 조성공사 설계설명서」.
6. 농림수산식품부(2009), 「농어촌뉴타운조성사업 시행 지침」.
7. 소진섭(2014), “전동차 실내 PMV 측정 분석”, 「한국도시철도학회논문집」, 2(1): 147~150.
8. 윤용한(2014), “학교 운동장과 녹지공간의 UTCI, PMV, WBGT 분석”, 「한국환경생태학회지」, 28(1): 80~89.
9. 한석종(2012), “농촌이주를 고려한 도농복합마을 기반방안에 관한 연구”, 박사학위논문, 전남대학교.
10. 한창우(2006), “강의실에서 환기시스템과 난방시스템의 풍량에 따른 PMV와 CO₂ 농도 특성 비교”, 「대한설비공학회 학술발표대회논문집」, 6: 411~416.
11. 화순군(2010), 「화순 잠정지구 농어촌뉴타운조성사업을 위한 기본계획」.
12. American Society of Heating (2010), “Refrigerating and air-conditioning engineers, thermal environmental conditions for human occupancy (ASHRAE Standard 55-2010)”.
13. International Organization for Standardization (1984), “Moderate thermal environment : Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort (ISO 7730)”.

요약

이 연구의 목적은 한옥 거주환경의 쾌적성능에 대한 정량적 자료를 제시하고 개선 요인을 도출하는 데 있다. 먼저 정책적 성공사례로서 현대(新)한옥의 하나인 전남 화순군 잠정햇살마을 한옥단지들을 대상으로 건구온도, 복사온도, 상대습도, 풍속 등 열쾌적성 평가의 영향 요소를 측정했다. 이어 도출 데이터를 적용하여 PMV(Predicted Mean Vote)를 산출하는 열환경 시험을 수행했으며, 사용자 대사율과 의복량을 변수로 설정하여 L.C.PMV(Life-Cycle PMV)와 N.PMV(Normal PMV)의 두 가지 유형으로 구분하여 평가를 진행했다. 그 결과, 여름 및 겨울철 시점을 전후하여 한옥 공간의 PMV 증감 동향이 뚜렷했으며, 특히 대서 및 대한 시점의 PMV는 쾌적구간을 완전히 벗어난다는 시험 결과를 확인했다. 아울러 겨울철 PMV의 변화속도가 여름철보다 더 빠른 것으로 나타났다. 이러한 결과를 통해 신한옥의 쾌적성능 증진을 위해 단열성 개선이 우선 요인임이 도출되었으며, 설계 및 시공 단계에서 연계 검토가 요구된다.

주제어 : 현대한옥, 열쾌적성, 예상평균온열감, 예상평균불만족률