

노인복지시설 열쾌적성 평가

- TSV · PMV 비교를 통한 불일치 분석과 개선 방향 -

Thermal Comfort Evaluation in Elderly Welfare Facilities

- Discrepancy Analysis and Improvement Directions through TSV-PMV Comparison -

○이 수 진* 최 정 민**
LEE, Su-Jin Choi, Jeong-Min

Abstract

This study investigated thermal comfort in six elderly welfare facilities in Changwon through summer field measurements and TSV surveys. Temperature, humidity, air velocity, and globe temperature were measured for PMV calculation, applying a reduced elderly metabolic rate (0.56 Met). Results showed PMV predicted mostly negative values (very cold), while TSV responses ranged from neutral to slightly warm. These findings indicate that the PMV model alone cannot explain elderly occupants' thermal sensation, even with clothing and metabolic adjustments. Therefore, TSV-based evaluation and elderly-specific corrections are required, and future research should include seasonal comparisons and the influence of CO₂, humidity, and outdoor conditions.

키워드 : 예측평균투표(PMV), 열감각투표(TSV), 노인복지관, 열쾌적성

Keywords : Predicted Mean Vote, Thermal Sensation Vote, Elderly Welfare Facilities, Thermal comfort

1. 서론

예측평균투표(Predicted Mean Vote, PMV)는 열쾌적성 평가의 지표로 널리 사용되어왔다. 그러나 PMV는 다수의 연구에서 실제 사용자가 느끼는 온열감과 일치하지 않거나 특정 기후와 이용자 특성을 충분히 반영하지 못한다는 한계가 지적되었다. 일반 성인을 기준으로 대사율(Met)을 가정하거나 계절에 근거하여 의복단열값(Clo)을 가정하기 때문이다. 노인을 대상으로 한 일부 연구에서는 대사량 저하를 반영하거나 실제 착의량을 적용하여 이러한 한계를 보완하고자 하였다. 또한 건물 유형, 기후, 이용자 특성을 반영한 보정계수나 수정 모델이 제안되었으며 설문을 기반한 열감각투표(Thermal Sensation Vote, TSV) 등의 지표와 비교분석을 통해 PMV 모델의 적용 가능성과 한계를 검토한 연구도 다수 보고되었다.

Kramer 외(2017)는 암스테르담 박물관 이용자의 대사량 보정을 통해서 개선된 PMV 예측력을 통해 대사량 가정값의 편차가 TSV와 PMV 간 불일치의 원인 중 하나임을 실증하였다. Balbis-Morejón 외(2020)는 스페인 대학 강의실

에서의 PMV가 의복단열값에 민감하고 TSV보다 추위를 과대 예측한다고 보고하였다. Hamidi Saidin 외(2022)는 말레이시아 은행 사무실에서 TSV가 PMV보다 민감하게 반응함을 검증하였다. 이러한 선행 연구들은 PMV와 TSV 간 불일치를 보여주며 PMV 모델 단독 활용의 한계를 보고한다. 이는 PMV-TSV간의 오차를 줄이기 위해서는 특정 집단이나 환경에 맞춘 보정 및 개선이 필요함을 시사한다.

따라서 본 연구에서는 노인복지시설을 대상으로 PMV와 TSV를 비교·분석하여 열쾌적성 평가의 불일치와 개선 방향을 탐색하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 실측 개요

본 연구는 창원시에 위치한 6개의 노인복지관에서 하절기(8월~9월) 오전 10시부터 오후 16시까지 실측 및 대면설문을 수행하였다.

2.2 실측 장비

표1. 시설별 측정 데이터

장비명		측정 내용	단위	측정장비
PMV	온도	-40 to +150 °C	℃	Testo400
	습도	5 to 95 %RH	%	
	기류	0 to +5 m/s	m/s	
	흑구온도	0 to +120 °C	℃	
	의복단열	0.50	Clo	설문조사
	대사량	0.56	Met	Harris-Benedict 식
TSV		-3 ~ +3 (ASHRAE 7점 척도)		대면 설문

* 창원대 대학원 박사과정

** 창원대 건축공학과 교수, 공학박사

(Corresponding author : Department of Architectural Engineering, Changwon National University, 20237602@gs.cwnu.ac.kr)

이 연구는 2025년도 한국연구재단 연구비 지원에 의한 결과의 일부분임. 과제번호:RS-2024-00405446

표2. 시설별 측정 데이터

시설명 항목	A시설			B시설			C시설			D시설			E시설		
	Max	Min	Aver	Max	Min	Aver	Max	Min	Aver	Max	Min	Aver	Max	Min	Aver
온도	29.20	25.80	27.24	26.70	24.10	25.19	29.70	24.80	26.16	27.50	24.40	25.90	26.90	24.80	26.17
습도	71.70	52.90	62.07	79.30	59.30	70.88	62.20	49.50	55.00	60.10	51.60	56.21	54.70	45.60	49.01
기류	0.54	0.01	0.12	0.41	0.02	0.15	0.82	0.06	0.31	0.50	0.03	0.14	0.50	0.01	0.11
PMV	-3.98	-1.32	-2.81	-5.56	-4.12	-4.58	-6.34	-3.51	-4.74	-4.76	-3.54	-4.13	-6.00	-3.11	-4.24
TSV	2.00	0.00	0.53	2.00	-1.00	0.13	0.00	-1.00	-0.07	0.00	-2.00	-0.33	2.00	-1.00	0.44

2.3 대사량 산정

대사율은 조용히 앉아서 쉬는 활동은 일반적으로 1 Met($58.2\text{W/m}^2 \approx 60\text{W/m}^2$, 총발열량 약 104W)을 기준으로 한다. 본 연구에서는 설문자료를 근거로 Roza and Shizgal(1984)이 수정한 Harris와 Benedict 방정식¹⁾을 적용하여 노인의 기초대사량을 산정하였다. 남성은 62.61W, 여성은 56.12W로 일반 성인의 총 대사량(전체 발열량) 104W보다 각각 39.79%, 46.03% 낮은 수준으로 나타났다. 이를 표면적(평균 1.8m^2)을 고려하여 Met 단위로 환산하면 남성 약 0.6Met, 여성 약 0.54Met에 해당한다. 이는 ASHRAE Handbook(TABLE 5.2.1.2) Metabolic Rates for Typical Tasks²⁾에 제시된 의 ‘취침(Sleeping, 0.7 Met)’ 활동의 대사량보다도 낮은 수준으로 노인의 대사율 저하를 확인하였다. 다만, 본 연구에서는 성별 차이는 고려하지 않고 노인 집단 전체를 대표하는 0.56 Met값을 적용하였다.

3. 결론

본 연구는 창원시 6개 노인복지관의 기준층 휴게공간을 대상으로 하절기 실측과 TSV 설문을 수행하고 이를 통해 PMV와 TSV를 비교·분석하였다. 분석 결과, 노인의 대사 저하를 고려한 대사량을 적용한 PMV는 대부분 음수로 매우 추운 조건을 예측하였으나 실제 노인의 열감각(TSV)은 중립(0)에서 약간 따뜻함(+0.5) 수준으로 큰 차이를 보였다. 노인 특성과 실제 의복단열값을 반영하였음에도 불구하고 여전히 PMV 모델 단독으로는 실제 열감각(TSV)을 설명하지 못하는 것으로 파악되었다. 따라서 PMV 모델의 사용은 TSV를 병행하여 평가하거나 노인 맞춤형 보정계수를 반영한 수정 모델의 제안이 필요하다.

향후 연구에서는 냉·난방기 및 간절기를 포함한 계절별 비교와 CO₂, 습도, 외기 온도와 같은 환경 변수와 TSV-PMV 오차 간의 연관성을 규명할 필요가 있다. 더 나아가 체류 시간과 심리적 적응 요소까지 고려한 종합적 분석이 이루어진다면 노인복지시설에 적합한 열쾌적성 보정 모델 개발로 이어질 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Kramer et al. (2017). Improving rational thermal comfort prediction by using subpopulation characteristics: A case study at Hermitage Amsterdam. *Temperature*, volume 4(2), 187-197
2. Balbis-Morejón, M., et al. (2020). Experimental Study and Analysis of Thermal Comfort in University Classrooms under Tropical Conditions. *Sustainability*, 12(21), 8886.
3. Wang et al. (2018). Individual difference in thermal comfort: A literature review, *Building and Environment*, Volume 138
4. Wang et al. (2019). Predicting older people's thermal sensation in building environment through a machine learning approach: Modelling, interpretation, and application, *Building and Environment*, Volume 161.
5. Balbis-Morejón et al. (2020). Experimental study and analysis of thermal comfort in a university campus building in tropical climate, *Sustainability*, Volume 12, Issue 21, Article 8886.
6. Shin et al. (2021). Building and Environment, A study on changes in occupants' thermal sensation owing to CO₂ concentration using PMV and TSV, *Building and Environment*, Volume 187, 107413
7. Hamidi Saidin et al.(2022). Investigation of Thermal Comfort for Sedentary Work in Air-Conditioned Bank Office. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*.Volume 13, Issue 13, Paper ID: 13A13S
8. Zheng. et al. (2025). Application of logistic function in a new PMV modification model for elderly people: Combining age and TSV, *Building and Environment*, Volume 267, 112182

¹⁾ Kramer et al. (2017). Improving rational thermal comfort prediction by using subpopulation characteristics: A case study at Hermitage Amsterdam.

²⁾ ASHRAE. (2017). ASHRAE Handbook - Fundamentals. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.