

소형 공동주택의 동계 실내온습도 조사를 통한 결로방지 설계 기준온습도 설정방안

The Design Criteria of the Indoor Temperature and Humidity for the Prevent Condensation of Small Apartment Buildings

김길태¹ · 김종엽² · 황하진³ · 김경식⁴

Gil-Tae Kim¹, Jong-Yeob Kim², Ha-Jin Hwang³ and Kyoung-Sik Kim⁴

(Received July 1, 2014 / Revised July 30, 2014 / Accepted August 4, 2014)

요 약

공동주택은 기밀성능 향상에 의해 수증기의 배출이 어려워 졌다. 본 연구에서는 최근에 건설된 소형 공동주택의 실내 온습도의 조건에 대해 현장조사를 수행하여 결로방지 설계 시 필요한 실내 온습도기준을 제시하고자 한다. 조사지역으로는 대전과 성남 지역 3개 공동주택을 대상으로 하였으며, 1월부터 3월 동절기를 대상으로 측정하였다. 실내 온도는 20~24°C, 상대습도는 40~60%이며, 조성된 습도는 외부의 영향보다는 주민의 다양한 특성에 의해 발생되었다. 주간(6:00~22:00)과 야간(22:00~6:00)을 비교하면, 야간에는 온도는 낮고 절대습도는 높아 결로발생 가능성이 높을 것으로 판단되었다. 누적 상대빈도와 절대습도를 사용하여 소형 공동주택의 설계 기준(온도, 상대습도)을 설정할 수 있다.

주제어 : 공동주택, 결로, 실내온도, 실내습도

ABSTRACT

The apartment buildings were hard to emission of water vapor by reduced infiltration. The purpose of this study was to investigate the generation of indoor temperature and humidity in the recent construction of small size apartment buildings. The temperature and humidity were measured in 3 apartments in Seongnam and Daejeon city. During the winter indoor temperature and relative humidity were measured ranged from 20 to 24°C and 40 to 60%. Generated humidity caused by various characteristics of the residents, rather than external influences. Compare daytime (6:00 to 22:00) and nighttime (22:00 to 6:00), the temperature is low and absolute humidity is high at nighttime. Condensation is likely to occur at nighttime. Using the cumulative relative frequency and absolute humidity, small apartments design criteria (temperature, relative humidity) can be set.

Key words: Apartment Buildings, Condensation, Indoor Temperature, Indoor Humidity

1. 서 론

최근 공동주택은 에너지 절약을 위해 발코니창호 설치, 고기밀 창호설치 등 기밀화로 인해 누기량이 감소됨에 따라 건물 내 수증기 배출이 어려워지고 있다. 또한 발코니 확장으로 인한 세탁물의 실내 건조, 취사, 화분, 샤워 및 가습기 등으로 인한 수증기의 다량 발생으로 겨울철 세대내 습기 발생량은 점점 높아지고 있다(김종엽 등, 2003). 공동주택의 겨울철 세

대내 습기발생량의 증가와 기밀성능의 향상은 결로가 발생할 가능성을 높이고 있다. 결로는 거실, 침실, 현관문, 주방 등 외기와 접하고 있는 부위에서 주로 발생되고 있으며, 발코니 확장에 따른 내부공간이 직접 외기에 접촉하는 면은 늘어나 결로발생 가능부위가 늘어나고 있다. 이러한 결로는 자연적 현상임에도 불구하고 발생하는 물에 의해 마감재를 손상시키거나 불쾌감을 주어 거주자에게 악영향을 미칠 가능성이 있다. 또한 구조체 내부에서 발생할 경우에는 단열재의 흡습

1) 한국토지주택공사 토지주택연구원 책임연구원(교신저자: gtkim1@lh.or.kr)

2) 한국토지주택공사 토지주택연구원 연구위원

3) 한국토지주택공사 토지주택연구원 수석연구원

3) 한국토지주택공사 토지주택연구원 연구위원

로 인한 성능 저하 및 열화 등을 초래하는 등 여러 가지 피해를 유발할 위험이 있다. 공동주택에서의 결로는 방지되어야 하며, 설계·시공시 열교부위 발생의 최소화 및 단열보강, 방습층 설치 등으로 구조체 자체의 결로방지 성능을 높이기 위한 조치를 취해야 한다. 또한 거주자는 난방, 환기, 제습제 비치 등의 조치를 취하는 등 결로 방지를 위한 공동의 노력이 요구된다. 세대내 결로를 방지하기 위해서는 실제 생활실태나 환경조건을 반영한 합리적인 설계기법의 정립이 절실히 요구되며, 이를 바탕으로 각종 개선 방안 및 설계가 이루어져야 한다.

본 연구에서는 최근 건설되어 입주한 공동주택을 대상으로 세대내 실내·외 온습도를 조사하여 실제 재실자들의 온습도 생활조건을 알아보고 결로방지설계 시 필요한 실내온습도 기준 값을 설정하고자 한다.

2. 실내온습도 조사

2.1 실내온습도 조사 개요

현장측정은 대전, 성남에 있는 공동주택 3개단지 68개 세대를 대상으로 하였다. 표 1은 현장 측정대상 공동주택의 개략적인 설명을 나타내고 있다. 전용공간 33~59 m²로 소형주택에 해당하며 편복도형과 계단형태를 가지고 있다. 소형공동주택의 경우 단위공간당 재실인원 많을 수 있으며, 습기발생시 상대습도가 급격히 증가할 수 있어 대형공동주택에 비해 결로에 취약할 것으로 예상되어 연구대상으로 선정하였

표 1. 공동주택 개요

구분	지역	홀 유형 (access type)	면적 (m ²)	단위세대
A	대전	Balcony	46	9
			39	3
			33	7
			51	1
B	성남	Balcony	39	8
		Direct	59	13
C		Direct	59	27
Total				68

표 2. 온습도 조사 기간

Apartment	Measuring period	
A	A-1	1.11. PM10 - 1.13. PM10
	A-2	1.15. PM10 - 1.17. PM10
B	B-1	3. 5. PM10 - 3. 7. PM10
	B-2	3. 8. PM10 - 3.10. PM10
C	C-1	3.11. PM10 - 3.13. PM10
	C-2	3.15. PM10 - 3.17. PM10

다. 측정기간은 2013년 1월에서 2013년 3월까지 동절기에 수행되었으며, 약 10세대씩 6회에 나누어 세대 거실부위의 온도와 습도를 측정하였다. 이 때 사용된 온습도 장치(MADGETECH사, RhTemp-101A)는 온도-40~80°C(분해능 0.01°C), 상대습도 0~95%RH(분해능 0.1%RH)범위를 가지고 있으며, 1초에서 24시간 간격으로 데이터를 저장할 수 있다. 본 연구에서는 10분 간격으로 최소 48시간 이상 연속적인 데이터를 취득하였다. 그림 1은 장비와 현장 온습도 측정사진, 단위세대 도면을 보여주고 있다.

2.2 실내온습도 조사결과

그림 2와 그림 3은 현장별 온습도 측정기간과 외기 온도, 상대습도, 절대습도를 나타내고 있다. 측정기간 동안 외기 온

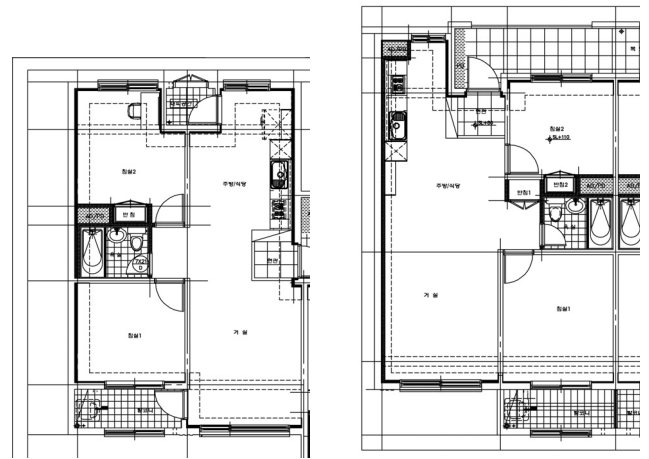


그림 1. 공동주택 도면 및 현장 온습도 측정사진

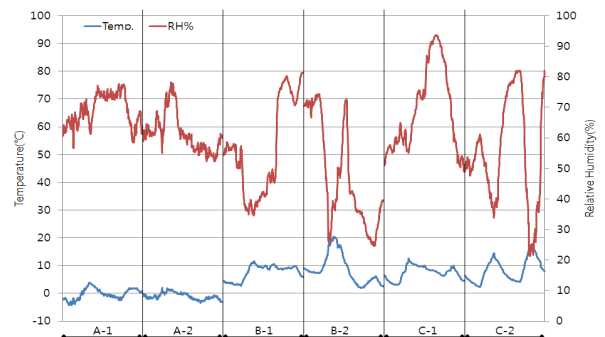


그림 2. 조사기간 동안의 외부 온습도

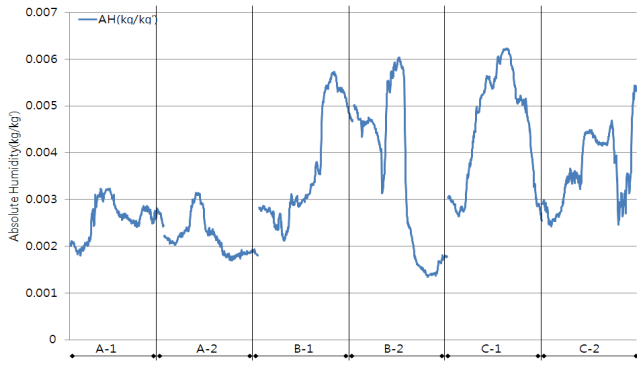


그림 3. 조사기간 동안의 외부 절대습도

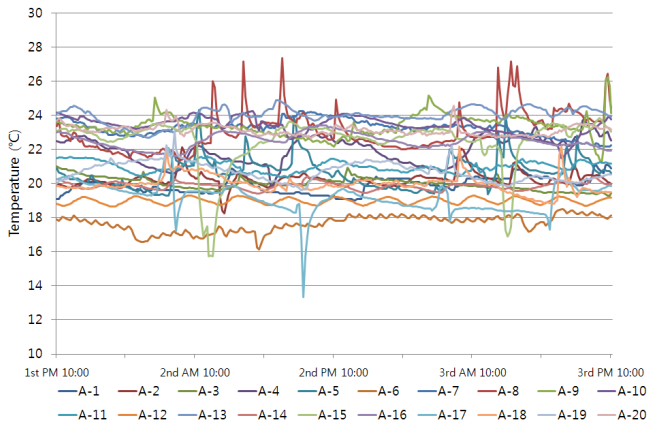


그림 4. A 공동주택 실내 온도

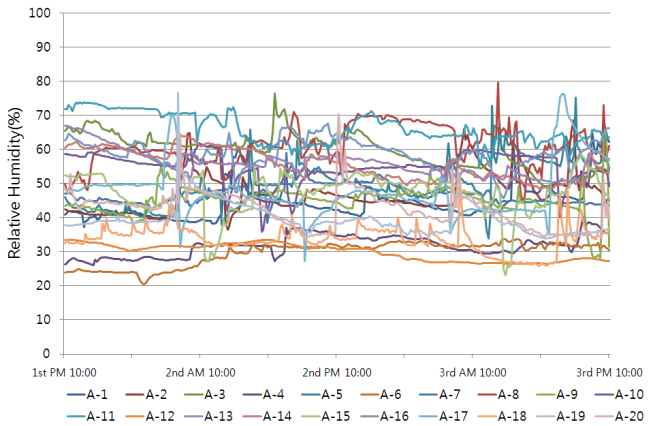


그림 5. A공동주택 실내 상대습도

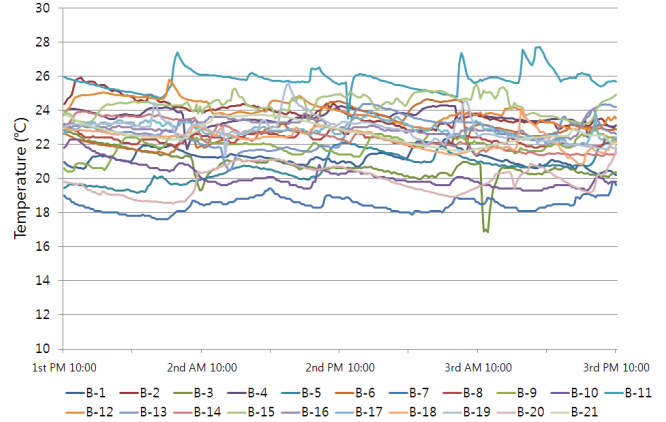


그림 6. B 공동주택 실내 온도

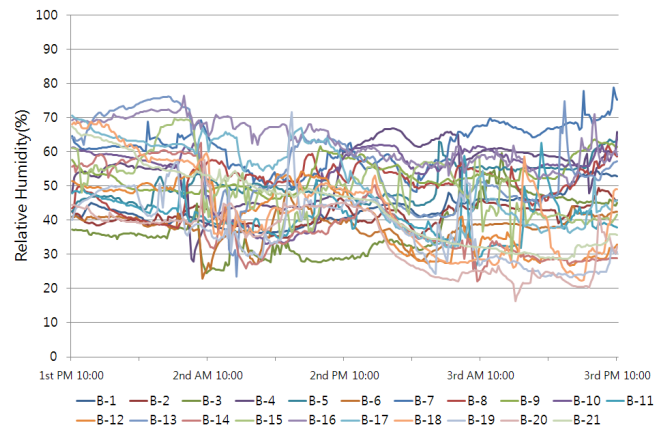


그림 7. B 공동주택 실내 상대습도

을 나타내고 있다. 그림 4와 그림 5는 대전지역 공동주택으로 실내 온습도변화를 나타내고 있으며, 실내온도는 약 18~24°C, 상대습도는 약 30~65%를 나타내고 있다. 그림 6과 그림 7은 성남지역 B공동주택으로 실내온습도변화를 나타내고 있으며, 실내온도는 약 20~25°C, 상대습도는 약 35~65%를 나타내고 있다.

그림 8과 그림 9는 성남 C공동주택으로 실내온습도변화를 나타내고 있으며, 온도는 약 20~24°C, 상대습도는 약 40~65%를 나타내고 있다(김길태 등, 2013).

위 현장측정 결과를 보면 외부온도가 -5~20°C에서 변하는 동안 실내온도는 20~24°C에서 외부 온도 변화와 관계없이 유지됨을 확인 할 수 있다. 그리고 한 세대의 실내 온도는 약 2°C 범위에서 유지되는 현상을 볼 수 있다.

상대습도의 경우 최소 30%, 최대 80%의 범위에서 변화하고 있었다. 고습세대는 유아가 있어 가습기를 작동하는 경우가 많았으며, 저습세대는 세대원들이 세대내에서 활동하는 시간이 짧은 경우와 취사 등의 활동이 적은 경우가 많았다. 많은 세대가 상대습도 40~60%에서 유지됨을 확인 할 수 있

습도의 변화량을 보면 1월은 약 -5~5°C, 3월은 3~20°C의 온도 범위에서 변화하고 있다. 상대습도의 경우 1월은 측정 기간 중 맑은 날이 지속되어 45~75%의 값을 보이고, 3월의 경우 비가 오는 날이 있어 상대습도 값이 약 20~90% 범위에서 측정되었다. 절대습도의 경우 0.001346~0.006228kg/kg' 범위에 있으며 1월 최댓값은 0.003232kg/kg', 최솟값은 0.001691 kg/kg', 3월 최댓값은 0.006228kg/kg', 최솟값은 0.001346kg/kg'

다. 온도의 경우 거주자가 난방장치를 활용하여 열공급을 조절할 수 있기 때문에 많은 세대에서 측정된 온도 22~24°C 범위를 소형 공동주택에서 재실자들이 선호하는 온도로 말할 수 있다. 상대습도의 경우 재실자들이 제습 또는 가습을 통해 원하는 값으로 유지하기 힘들기 때문에 많은 세대의 상대습

도 측정값이 45~60%범위에 속한다는 것은 소형공동주택의 습기 발생량이 유사함을 알 수 있다. 그림 10은 실내 절대습도 변화와 측정기간 동안의 외부 절대습도 최대, 최소값을 표시하고 있다. 실내 절대습도가 외부 절대습도에 비해 높게 형성되고 있으며, 외기의 상대습도가 가장 높은 C-1의 한 지점에서 보면 온도 약 7.72°C, 상대습도 약 93.7%, 일 때 절대습도는 0.006114kg/kg'이다. 이는 그 때의 실내 절대습도 최소값인 0.007206kg/kg'에 비해 낮은 값을 나타내고 있다. 즉 동계의 실내습도는 외부에서 유입되는 습기의 영향보다는 실내에서 발생하는 습기에 의해 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

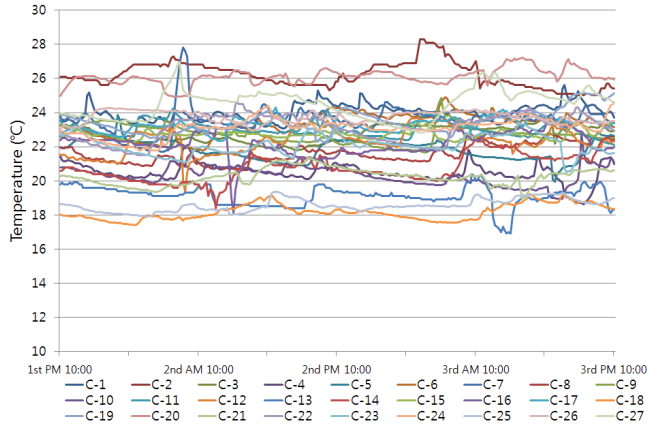


그림 8. C 공동주택 실내 온도

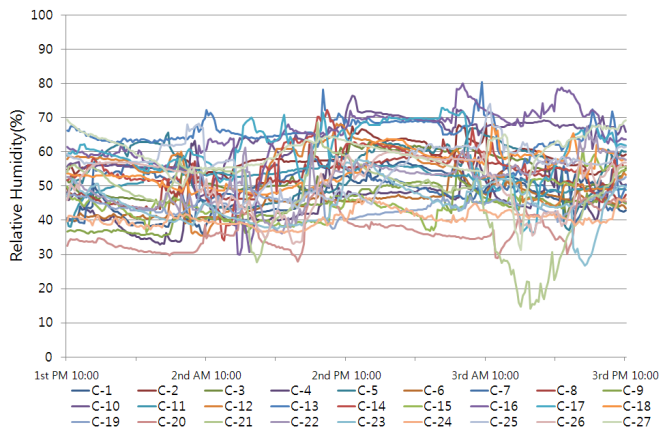


그림 9. C 공동주택 실내 상대습도

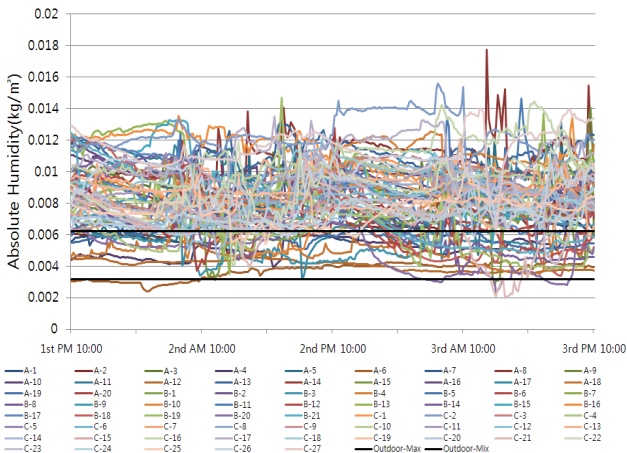


그림 10. 실내 절대습도

3. 공동주택 실내 온습도 기준설정

3.1 빈도분석을 통한 실내온도·상대습도·절대습도 분포 분석

결로는 표면온도가 노점온도 이하조건에서 발생하는 현상으로 포화온도 상태가 잠시라도 생긴다면 결로는 발생하게 된다. 본 연구에서는 임의의 대상에게 공급하는 공동주택의 설계조건을 제시하고자, 다양한 실내조성 조건을 고려하지 않은 온습도 발생에 대한 빈도분석을 통해 기준 값을 도출하고

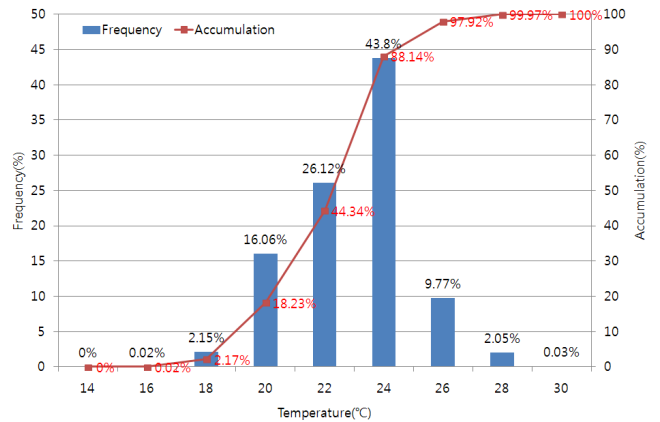


그림 11. 실내온도의 빈도분석

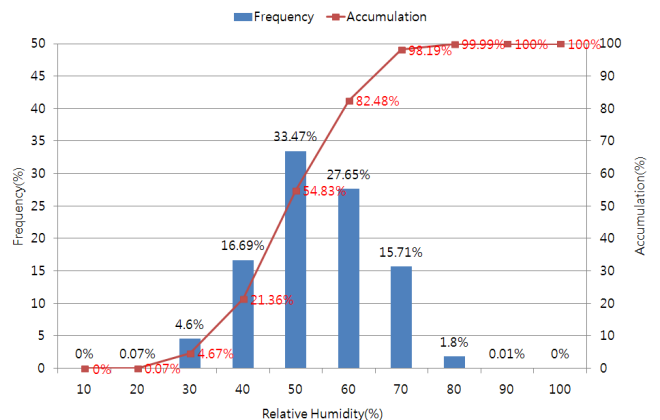


그림 12. 실내 상대습도의 빈도분석

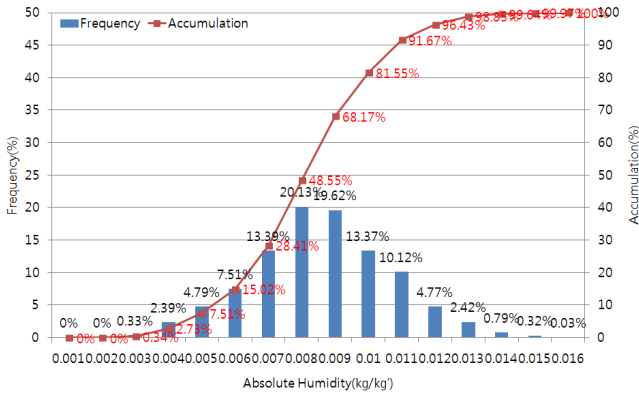


그림 13. 실내 절대습도의 빈도분석

표 3. 주간 상대습도에 따른 온도·상대습도·절대습도

상대습도(%)	온도(°C)	상대습도(%)	절대습도(kg/kg)
85	23.9	60.2	0.010156
90	24.3	62.8	0.010697
95	25.1	66.1	0.011662

표 4. 야간 상대습도에 따른 온도·상대습도·절대습도

상대습도(%)	온도(°C)	상대습도(%)	절대습도(kg/kg)
85	23.7	62.0	0.010421
90	24.1	64.2	0.010917
95	25.0	68.2	0.01170

자 한다. 본 연구에서 거실에서 측정된 10분마다 측정된 온습도를 1개 값으로 하여 빈도분석을 통해 실제 공동주택에서의 온습도 조성상태 분포상태를 파악해 보았다. 그림 11은 온도 누적 빈도분포를 보여주고 있다. 23~25°C 사이가 43.8%의 빈도를 보여주고 있으며, 21~23°C 사이가 26.12%의 빈도를 보여주고 있다. 즉 실내의 온도조건은 21-25에 약 70%가 존재함을 알 수 있다.

그림 12는 거실의 상대습도에 대한 빈도분포를 보여주고 있다. 상대습도 45-55%범위에서 33.5%, 상대습도 55-65%범위에서 27.7%, 상대습도 35-45%범위에서 16.7%, 상대습도 65-75%에서 15.7%의 빈도분포를 보여주고 있다. 겨울철 공동주택의 상대습도는 35-75%에서 약 93%이상이 분포함을 알 수 있다.

그림 13은 절대습도의 빈도를 보여주고 있다. 절대습도 0.0075~0.0095kg/kg'범위에서 약 39%로 가장 많은 분포를 유지고 있으며, 주위로 유사하게 분포되고 있다. 누적빈도 85%일 때 절대습도 0.010291kg/kg', 90%일 때 0.010793kg/kg', 95%일 때 0.011668kg/kg'의 값을 보여주고 있다.

3.2 빈도분석을 통한 주야간 실내 온습도 비교

오늘날 대대수의 사람들은 주거공간이 아닌 직장 및 학교

등에서 많은 시간을 소비하고 있다. 즉, 주거공간에서 소비되는 시간과 그 외의 장소에서 소비되는 시간으로 구분할 수 있으며, 공동주택의 실내공간에서의 환경상태를 파악하기 위해서는 생활패턴에 따른 거주자의 재실율에 대한 고려가 중요하다. 본 연구에서는 오전 및 오후 시간대를 주간대(6:00-22:00), 저녁에서 다음날 아침을 야간대(22:00-6:00)로 나누어 실내공간에 대한 환경상태를 분석하였다. 표 3은 주간대, 표 4는 야간대 상대누적습도 85%, 90%, 95%에서 거실의 온습도 및 절대습도 값을 나타내고 있다. 주간과 야간을 비교해 보면 온도는 야간이 낮고 상대습도는 야간이 높고 절대습도는 야간이 높다. 이는 야간에 재실자들이 많고 취사, 샤워, 수면 등의 활동이 많아 습기발생이 많은 것으로 생각되며, 일사 및 외기온이 낮아 실내 온도도 낮게 유지되는 것으로 판단된다. 이는 야간에 높은 절대습도 낮은 내부온도로 인해 상대습도가 높아져 결로가 발생할 가능성이 많다는 것을 말하고 있다.

3.3 빈도분석을 통한 실내 온습도 설정

겨울철 온도의 경우 난방으로 거주자가 원하는 설정 값을 정하고 유지할 수 있기 때문에 빈도분포 22-25°C에서 80%의 값은 거주자의 의도에 의해 조성된 값으로 판단 할 수 있다. 그러나 상대습도의 경우 거주자의 의도와는 무관하게 음식의 조리, 빨래건조, 실내식물, 인체호흡, 샤워 등의 다양한 생활 활동으로 인해 발생하는 습기량, 절대습도와 실내온도에 의해 변하는 값으로 생각 할 수 있다. 그래서 본 연구에서 공동주택의 온습도 기준 설정을 위해서는 온도 변화에도 동일한 값을 나타내며, 실내 습기량을 가장 정확히 표현할 수 있는 절대습도를 기준으로 한다. 이는 임의의 거주자를 대상으로 공동주택의 설계가 만족시키고자 하는 목표를 설정 할 수 있는 기준값이 된다. 조사결과에서 나타난 실내에서 발생가능 절대습도의 전체범위에서 결로발생을 방지하는 절대습도 조건 선택하여 설계기준을 설정할 수 있으나, 공사비용 및 설계자의 판단에 의해 기준을 선정할 수 있다. 그림 4~10을 통해 세대내 최대 절대습도조건이 장시간 지속적으로 유지되지 않는 것을 알 수 있었다. 그래서 본 연구에서는 90% 재실자들의 습기발생을 고려한 설계기준 온습도를 설정하고자 한다. 이 때 기준 값은 결로 발생 가능성이 높은 야간대의 상대습도 상대누적빈도 90%의 값 0.010917kg/kg'이 되며, 실내 온도 25°C에서 상대습도 값으로 환산하면 55.15%, 22°C에서는 66.01%가 된다. 그러나 온도가 높아질수록 포화수증기압이 높아지게 되며, 물에서 증발하는 수증기의 양도 많아지게 되므로, 사람들이 많이 유지하고 있는 실내 온도 22~25°C범위 중 25°C조건에서 결로발생 가능성이 높은 조건으로 판단된다. 위와 같이 설정된 조건을 통해 향후 창호 및 벽체단열 등 결로 관련 설계를 수행 할 수 있다.

4. 결론

본 연구는 현장측정을 통한 겨울철 공동주택 실내온습도 상태를 조사하였으며, 아래와 같은 결과를 도출하였다.

- (1) 동계 소형 공동주택의 실내온도 24°C, 상대습도 50%에서 최대 발생빈도를 보여주고 있다.
- (2) 현장조사 기간동안 겨울철 외부 절대습도범위는 0.003 ~ 0.006kg/kg'를 나타내고 있으며, 이때 실내절대습도는 0.05 ~ 0.012kg/kg'범위에 약 90%를 보여주고 있다. 이는 세대내 실내 온습도는 외부환경의 영향보다는 거주자의 다양한 생활특성에 영향을 받는 것을 보여준다.
- (3) 주간대(6:00 - 22:00)에 비해 야간대(22:00 - 6:00) 온도가 낮고 절대습도가 높아 결로발생 가능성이 높다.
- (4) 임의의 거주자들을 대상으로 기준 실내온습도 설정을 위해서 상대습도와 발생빈도를 기준으로 온습도를 설정하는 방법을 제시하며, 소형공동주택의 설계 시 상대누적빈

도 90%의 습기발생에 대한 결로방지를 위해서는 실내온도 25°C, 상대습도 55.2%를 기준으로 제시한다.

감사의 글

이 논문은 한국토지주택공사(LH)의 연구비 지원에 의해 수행된 '공동주택 결로 종합대책 방안 연구' 결과의 일부입니다.

참고문헌

1. 김길태, 김종엽, 황하진, 김경식(2013), "소형 공동주택의 동계 실내온습도 조사", 「대한설비공학회 2013 하계학술발표대회 논문집」, 799-801.
2. 김종엽, 황하진, 김이환(2003), 「공동주택 세대내 결로 방지대책 연구」, 대한주택공사.