

확장형 발코니 공동주택의 창호종류에 따른 결로 및 온열환경에 관한 연구

A Study on the Condensation and Thermal Environment according to Window Systems Types Installed for a Extended-Balcony Apartment

윤종호* 안영섭** 김병수***
Yoon, Jong-Ho An, Young-Sub Kim, Byoung-Soo

Abstract

As expansion of balconies at apartments has been legalized, the major function of the balconies as a thermal buffer zone is disappearing. This weakens the ability of window to insulate heat and multiplies surface condensation. Thus more and more residents require solutions to increasing surface condensation and aggravation in thermal comfort.

This study intends to provide basic data by evaluating performance of triple layered Low-E windows, triple layered clear windows, double layered Low-E windows and double layered clear window used for expanded balconies and marketed within the country in terms of surface condensation and thermal environment through simulation.

Results revealed that no surface condensation occurred at double layered Low-E windows and triple layered Low-E windows. Surface condensation took place at double layered clear windows and triple layered clear windows at a relative humidity of 60%. Thermal environment analysis suggested that double layered clear windows showed the most time falling into the range of comfort at 23°C. The figure were 22°C for triple layered clear windows, 22°C for double layered Low-E windows and 21°C for triple layered Low-E windows.

키워드: 고단열 창호, 결로, 실내온열환경, 확장형 발코니

Keywords: High-Performance Window, Condensation, PMV(Predicted Mean Vote), Expanded Balconies

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

1990년대부터 시작된 공동주택 평면 및 구조가 거주자들의 요구에 따라 변경하기 시작하였다. 거주자들의 삶의 질이 향상되고, 공간활용을 극대화하기 위한 발코니 개조요구가 점차 증가하여 2006년 1월 공동주택 발코니의 확장이 합법화되었고, 초고층 주상복합 건물의 초기 설계시부터 발코니가 없는 평면으로 설계되었다. 전면 발코니가 아닌 내부환경과 외부환경을 연결해주는 열적완충공간이 사라져 창호의 단열성능이 취약해지고, 결로 발생이 높아지고 있어 거주자들이 결로 발생에 대한 문제해결요구가 증가하고 있다. 그뿐만 아니라 외부기후변화에 대한 실내 환경변화를 최소화하는 기능이 상실되어 온열 쾌적감의 저하를 초래할 수 있다. 그러나 발코니를 확장한

후 효율적인 창호에 대하여 실내공간으로 통합 개조하려는 공동주택 거주자들에게 발코니 창호에 대한 의사결정의 기초자료가 전무하다. 따라서 본 연구에서는 확장발코니에 국내에서 생산·판매되고 있는 삼중로이창호의 3개의 창호에 대하여 시뮬레이션 분석을 통해 창호종류에 따른 결로 및 온열환경을 정량적으로 평가하여 기초자료를 제시하는데 주 목적이 있다.

1.2 연구방법 및 범위

창호부분의 결로 발생은 주로 창틀부분에서 발생하며 이것은 창틀의 열전달 특성뿐만 아니라 유리와 창틀의 인접구간인 간봉에 의해서도 큰 영향을 받는다¹⁾. 또한 단일창호에 대한 결로는 창틀의 종류와 유리 레이어의 수에 큰 영향을 받는 것으로 분석²⁾되고 있다. 본 연구에서는 우선 공동주택 확장발코니용으로 적용 가능한 창호 중 가장 일반적인 복층창을 기준유리로 선정하고, 국내에서 생산되고 있는 창호 중 가장 열성능이 우수하다고 판단되는 3개 유형의 창호를 해석대상으로 선정하였다. 선정된 창호들을 대상으로 창틀 및 유리, 간봉 등에 대한

* 한밭대학교 건축공학과 교수, 공학박사

** 한밭대학교 대학원 석사과정

*** 교신저자, 한밭대학교 건축공학과 강사, 공학박사
(bskim@cnu.ac.kr)

구성방법에 따른 열적 특성과 광학적 특성을 분석하였다. 분석된 창호를 발코니가 확장된 공동주택의 시뮬레이션 모델에 적용시켜 결로와 온열환경 쾌적도를 PMV지표를 통해 분석 하였다.

2. 창호시스템의 개요

2.1 창호성능평가 분석

해석대상 창호의 단일성능 평가 및 결로 분석을 위해 현재 이 분야의 세계적 표준으로 인정되고 있는 미국 LBNL의 Window 및 Therm 프로그램³⁾을 사용하였다. 이중투명창호, 이중로이창호, 삼중투명창호, 삼중로이창호 등 총 4개 창호에 대해 해석을 수행하였다.

표 1. 창호종류별 구성요소

종류	기호	두께 (mm)	창틀 (프레임)	유리 및 공기층	충진 가스	간봉 (스페이서)
이중투명	PDC24	24	PVC	6CL+12A+6CL	Air	Warmlight Spacer
이중로이	PDL24	24	PVC	6CL+12A+6LE	Air	Warmlight Spacer
삼중투명	PTC52	52	PVC	6CL+18.5A+3CL+18.5A+6CL	Air	AluEnc Spacer
삼중로이	PTL52	52	PVC	6CL+18.5A+3LE+18.5A+6CL	Air	AluEnc Spacer

CL:투명유리, LE:로이유리, A:공기층

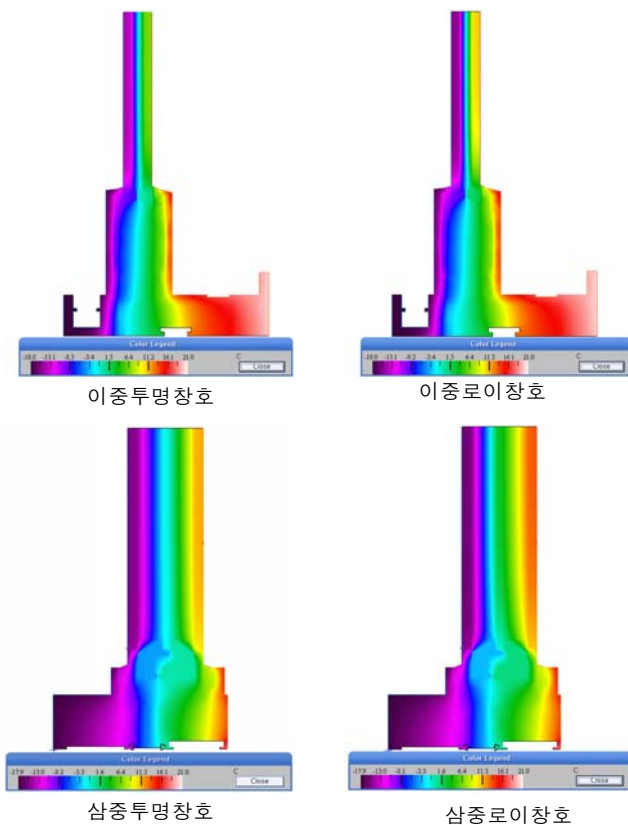


그림 1. 창호종류에 따른 열류량 분포

각 창호에 대한 구성요소는 표 1과 같이 모든 창호의 창틀은 PVC프레임을 적용하였고, 유리는 이중창호와 삼중창호에 각각 투명유리와 Low-E코팅유리 선정하였다.

공기층의 충전가스는 모든 창호에 동일하게 공기를 적용하였고 간봉재질은 이중창호에 Warmlight Spacer를 삼중창호에 AluEnc Spacer 적용하였다.

창호의 성능분석은 열적인 특성과 광학적인 특성으로 구분하여 실시하였으며, 그림 1은 열적인 특성으로 창호를 구성하고 있는 유리(Center), 창틀(Frame), 간봉부분(Edge)의 열류량 분포이다. 또한 각각 창호에 대한 열관류율을 계산하였다. 그 결과 모든 창호에서 간봉부분(Edge)이 열적으로 가장 취약부위로 분석되었으며, 삼중로이창호가 이중로이창보다 약 53%의 열관류율이 저감되는 것으로 나타났다.

그림 2는 창호종류별 광학적인 특성으로 창호를 통해 유입되는 태양복사량을 계산하기 위해 일사획득계수(SHGC)를 분석한 도표이고, 그림 3은 태양투과율(Tsol)을 분석한 도표이다.

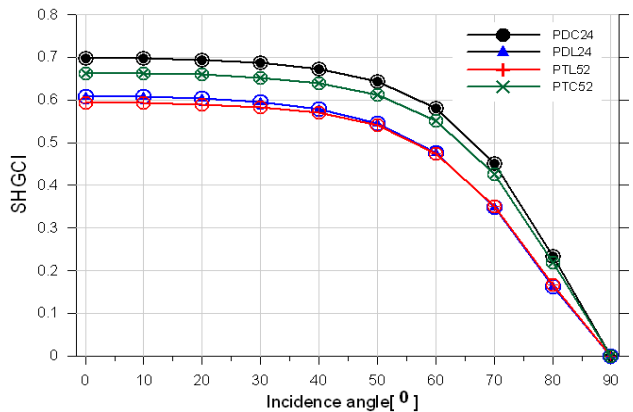


그림 2. 창호종류에 따른 Tsol 과SHGC 분석결과

분석결과 삼중로이창호가 태양투과율과 일사획득계수가 가장 작은 것으로 분석되었고 이중투명창호에 비해 각각 약 20%, 10% 작게 나타났다.

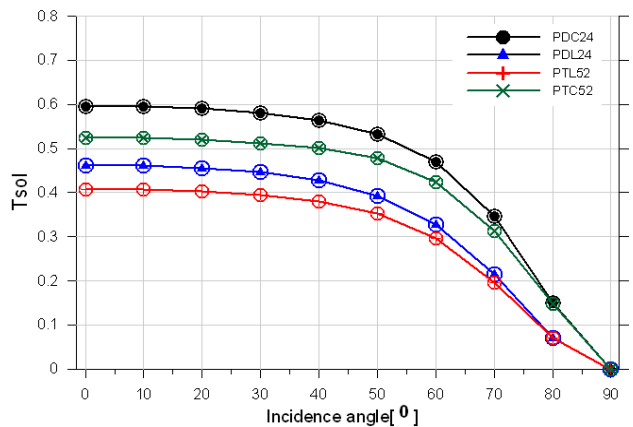


그림 3. 창호종류에 따른 Tsol 과SHGC 분석결과

표 2는 창호를 구성하는 요소인 Frame, Center, Edge의 열관류율과 SHGC를 나타내었다. 분석된 창호의 각 요소별 열관류율을 비교분석한 결과 삼중로이창호가 가장 단열이 우수한 창호로 분석되었다. 또한 각 요소를 통합하여 분석한 통합 열관류율은 이중투명창호 2.407W/m²·°C, 이중로이창호 1.903W/m²·°C, 삼중투명창호 1.702W/m²·°C, 삼중로이창호 1.422W/m²·°C로 나타났다.

표 2. 창호별 열 및 광학특성 해석결과

종류	기호	U-factor (W/m ² ·°C)			SHGC
		Frame	Center	Edge	
이중투명	PDC24	1.96	2.66	2.85	0.698
이중로이	PDL24	1.91	1.87	2.27	0.617
삼중투명	PTC52	1.61	1.70	1.81	0.614
삼중로이	PTL52	1.59	1.34	1.52	0.596

3. 결로 및 온열환경 성능평가

3.1 성능해석 방법 및 기준모델

공동주택 창호종류별 결로 및 온열환경 성능평가를 위한 해석도구는 영국 ESRU의 ESP-r를 사용하였다. 공동주택 남측 발코니공간은 일종의 자연형 태양열 온실공간이기 때문에 해석시 여러 측면을 고려해야 하여, 이들 결과에 의해 해석의 정밀도 및 신뢰성도 크게 좌우될 수 있다. ESP-r은 EU에서 자연형태양열 시스템해석을 위한 유럽내 표준프로그램으로 지정된 바 있으며, BEST TEST를 통해 전세계 대표적 시간별해석 프로그램들과 함께 신뢰성에 대한 세부적 검증도 입증되었다. 특히 수치해석적 알고리즘⁴⁾을 기반으로 하고 있기 때문에 국내 공동주택의 해석용 평가도구로 가장 적합한 것으로 판단된다.

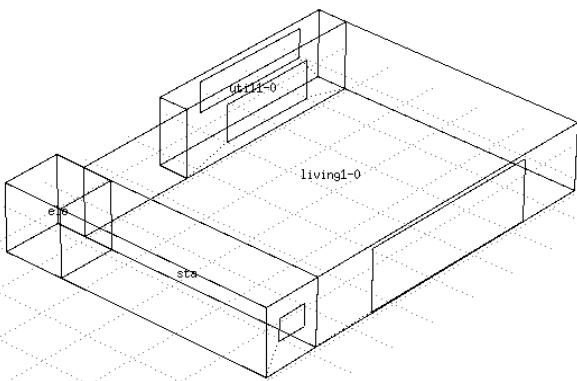


그림 4. 확장발코니의 시뮬레이션 모델

해석 대상건물은 가장 일반적 형태를 가진 남향의 35평 규모의 공동주택을 대상으로 하였으며, 해석은 단위세대로 남측 발코니를 확장한 경우를 평가하였다. 준구성은 그림 4와같이 단위세대 내부를 하나의 존으로 구성하고 열적 특성이 틀린 남측, 북측의 발코니 공간과 측면의 계

단실, 엘리베이터실을 별도 존으로 정의하였다. 세대위치는 중간층 중간세대를 기준모델로 하였다.

본 연구의 해석에 사용한 기상데이터는 선행연구⁵⁾에서 사용된 TRY형식의 서울지역 30년 시간별 표준기상데이터를 적용하였다. 표준기상데이터의 주 구성요소인 외기 온도, 상대습도, 수평면전일사량, 풍속 등에 월별 및 연간 평균값의 계산결과를 나타내었다. 적용 데이터의 연평균 외기온도는 12°C, 일적산수평면전일사량은 3.115kWh이다.

표 3. 재실자 및 조명, 기기의 발열부하

Zone	재실자 (인)	조명 및 기기부하(W)	난방설정 온도(°C)	냉방설정 온도(°C)
Living1-0	3	65	24	26

재실자 및 조명기기의 발열부하는 표 3과 같이 선행연구⁶⁾에서 제시한 식과 논문의 결과를 적용하였다.

3.2 창호종류별 결로 성능평가

창호의 종류별 표면결로를 분석하기 위해서 결로에 직접적인 영향을 미치는 실외온도, 실내온도, 실내습도, 노점온도, 표면온도를 이용하여 분석하기 위하여 실내온도 변화폭은 20~24°C로 하였으며 실내에는 인체를 비롯하여 취사, 세탁, 목욕등의 생활로 수반되는 수분발생을 고려하여 습도조건을 40%~60%까지 변화시켜 분석하였다.

그림 5는 실내온도 24°C, 실내습도가 60% 일때 최대부하일인 1월 5일을 기준으로 하루 전과 하루 후의 총 3일간 창호종류별 표면온도를 비교분석한 것이다.

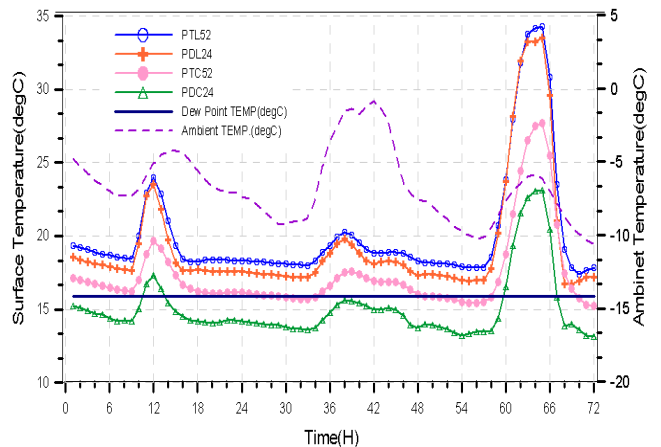


그림 5. 창호종류별 표면온도와 노점온도(1월 4~6일)

노점온도 15.9°C을 기준으로 삼중투명창호(PTC52)는 새벽녘에 일부 결로가 발생하는 것으로 나타났으며, 이중투명창호(PDC24)는 모든시간에 결로가 발생하는 것으로 나타났다. 이중로이창호와 삼중로이창호는 결로가 발생하지 않는 것으로 분석 되었다.

그림 6은 최대난방부하가 발생하는 1월 5일 일출하기 전 06:00시에 창호종류별 표면온도를 비교분석한 것이다.



그림 6. 창호종류별 표면온도 분석결과(1월 5일 6시)

실내조건은 실내설정온도 24℃, 상대습도는 60%이며 분석결과 이중로이창호(PDL24)와 삼중로이창호(PTL52)는 표면온도가 노점온도 이상으로 결로가 발생하지 않지만, 이중투명창호(PDC24)와 삼중투명창호(PTC52)는 표면온도가 노점온도 이하로써 결로가 발생하는 것으로 분석되었다.

창호 표면온도와 노점온도를 8760시간 분석한 후, 창호 표면온도와 노점온도보다 낮은 때의 시간을 합한 값을 표 4에 나타내었다.

분석결과 이중투명유리와 삼중투명유리를 적용한 창호에서는 실내온도를 20℃~24℃로 변경하고 상대습도를 각각 40%, 50%로 적용할 경우 창호의 표면에는 결로가 발생하지 않는 것으로 나타났지만, 실내온도 20℃, 상대습도 60%일 경우를 실내온도 24℃, 상대습도 60%일 때와 비교한 결과 결로의 발생시간이 약 2.5배 이상 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 실내표면 결로현상은 실내온도와 상대습도에 의해 지배적으로 영향을 받는 것으로 분석되었다.

표 4. 창호종류별 표면결로 발생시간 분석

실내 온도	24℃			23℃			22℃			21℃			20℃		
	40%	50%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	60%
이중투명	0	0	332	0	0	439	0	0	563	0	0	713	0	0	809
삼중투명	0	0	3	0	0	7	0	0	35	0	0	74	0	0	100
이중로이	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
삼중로이	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

이상의 분석결과 상대습도가 더욱 증가할 경우 결로 발생 시간은 더욱 증가할 것으로 예상할 수 있지만 Low-E 코팅을 적용한 이중로이창호와 삼중로이창호처럼 결로의 발생을 해결할 수 있을 것으로 분석되었다.

그러나 확장발코니에 이중로이창호와 삼중로이창호를 적용하여 연간 냉난방에너지를 비교분석한 선행연구⁵⁾에

서는 이중로이창호 139kW/m².yr, 삼중로이창호 131kW/m².yr 로 삼중로이창호가 이중로이창호에 비해 약 5.8%의 연간 냉난방에너지가 절감되는 것으로 분석되었다. 따라서 창호선택 시 결로와 더불어 에너지효율도 고려해야 할 것으로 판단된다.

4. 창호종류별 실내온열환경 분석평가

4.1 실내온열환경 분석방법

평균예상온열감(PMV ; Predicted Mean Vote)은 주어진 환경에 대해 임의 집단내 각 구성원들의 주관적 평가에 대한 예측지표로 1984년 ISO-7730 국제규격화 되었다. PMV 스케일은 ASHRAE의 7단계 심리 신고척도를 이용하였으며, 열적인 중립상태를 ± 0으로 하고 -3(Cold)에서 +3(Hot)까지 수치적으로 표현한다.

활동량(Met)은 인체의 신체활동에 따라 열적쾌적 범위가 달라진다. Met는 인체의 활동량을 나타내는 단위로 본 연구에서 설정한 1Met는 열적 쾌적상태에서 의자에 앉아서 안정을 취하고 있을 때를 의미하며, 착의량(Clo) 1Clo는 정상근무복 내면의 착의조건이다.

표 5. PMV 분석 조건

착의량[CLO]	0.7
활동량[MET]	1.0
기류속도[m/s]	0.1
실내온도[℃]	20, 21, 22, 23, 24
실내습도[%]	40, 50, 60

본 연구에서는 창호의 종류별 실내의 쾌적성 분석을 위해 거실중앙 지점인 발코니창으로부터 5m, 바닥으로부터 1.35m의 위치에서 평균예상온열감(PMV)를 계산하였다. PMV를 계산하기 위해서 착의량, 활동량을 고정된 후 실내온도와 상대습도를 변화시켜 계산하였고, 산출을 위한 조건은 표 5와 같다.

4.2 실내온열환경 성능평가

그림 7은 최대난방부하가 발생하는 1월 5일에 실내온도 24℃, 실내습도 30%의 조건에서 창호종류에 따른 표면온도, MRT, PMV의 분석결과이다. 창호종류별 평균표면온도는 이중투명창호 15.4℃, 삼중투명창호 18.3℃, 이중로이창호 21.0℃, 삼중로이창호 21.9℃로 분석되어 삼중로이창호의 표면온도가 이중투명창호보다 6.5℃높게 나타났다. PMV분석결과 쾌적 범위인 -0.5~0.5사이에서 삼중로이창호, 이중로이창호, 삼중투명창호, 이중투명창호 순으로 가깝게 접근하는 것으로 분석되었다. 평균복사온도(MRT)의 경우 창과 내벽 표면온도의 면적가중 평균이기 때문에 변화 폭은 1℃정도로 작지만, 삼중로이창호, 이중로이창호, 삼중투명창호, 이중투명창호 순으로 단열성능이 향상 될수록 온도가 상승하는 것으로 나타났다.

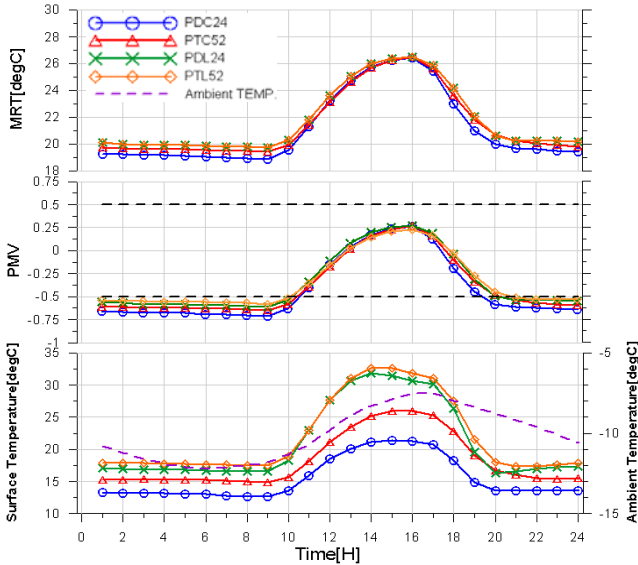


그림 7. 창호종류별 표면온도/PMV/MRT 분석결과

또한 실내온도를 20℃~24℃범위에서 상대습도는 40%~60% 범위에서 설정조건을 변화시켜 분석하였다.

표 6. PMV 분석결과

창호	실온	20℃			21℃			22℃			23℃			24℃		
		RH	40%	50%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	60%	40%	50%	60%	40%	50%
이중투명창호	시간	2599	2854	3284	4186	4427	4382	4422	4425	4241	4458	4169	3871	3943	3459	0
	최대값	1.88	-0.57	2.29	1.88	2.07	2.29	1.88	2.07	2.29	1.88	2.07	2.29	1.88	2.07	2.46
	최소값	-0.63	0.67	-0.69	-0.44	-0.37	-0.50	-0.25	-0.17	-0.28	1.88	2.07	-0.06	0.14	0.25	0.69
	평균값	0.577	2.07	0.52	0.639	0.749	0.62	0.715	0.83	0.72	0.785	0.904	0.83	0.859	0.984	1.33
삼중투명창호	시간	2718	3059	3535	4386	4473	4326	4556	4393	4170	4392	2690	3769	3882	3291	2204
	최대값	1.84	2.02	2.24	1.84	2.02	2.24	1.84	2.02	2.24	1.84	3.15	2.24	1.84	2.02	2.24
	최소값	-0.61	-0.55	-0.66	-0.42	-0.35	-0.46	-0.23	-0.14	-0.24	1.84	3.15	-0.01	0.16	0.28	0.22
	평균값	0.59	0.683	0.536	0.651	0.761	0.632	0.726	0.842	0.735	0.795	-0.08	0.845	0.868	0.994	0.964
이중로이창호	시간	2790	3166	3681	4406	4363	4188	4448	4251	4051	4278	4016	3664	3809	3163	0
	최대값	1.8	1.99	2.2	1.8	1.99	2.2	1.8	1.99	2.21	1.8	1.99	2.21	1.8	1.99	2.4
	최소값	-0.59	-0.52	-0.46	-0.39	-0.32	-0.24	-0.2	-0.1	-0.02	-0.01	0.09	0.2	0.19	0.31	0.9
	평균값	0.595	0.701	0.802	0.656	0.766	0.871	0.72	0.835	0.945	0.789	0.909	1.026	0.863	0.989	1.47
삼중로이창호	시간	2872	3286	4372	4525	4459	4288	4531	4350	4125	4372	4085	3722	3849	1944	1944
	최대값	1.75	1.93	2.15	1.75	1.93	2.15	1.75	1.93	2.15	1.75	1.93	2.15	1.75	2.15	2.15
	최소값	-0.58	-0.52	-0.46	-0.39	-0.32	-0.24	-0.2	-0.11	-0.02	0	0.1	0.21	0.19	0.44	0.44
	평균값	0.583	0.689	0.789	0.644	0.754	0.859	0.709	0.835	0.945	0.778	0.909	1.02	0.854	1.113	1.11

PMV분석은 발코니창호의 종류에 따라 1년중 발생하는 PMV의 최대, 최소, 평균값을 계산하였으며, PMV가 -0.5에서 +0.5까지의 쾌적범위에 포함되는 시간을 분석하여 표 6에 나타났다. 그 결과 이중투명창호는 실내설정온도 23℃에서 쾌적범위안에 포함되는 시간이 가장 많았으며, 삼중투명창호 22℃, 이중로이창호 22℃, 삼중로이창호 21℃로 나타났다. 또한 습도조건에서는 모든창호에서 실내상대습도가 40%일때 쾌적범위안에 포함되는 시간이 가

장 많은 것으로 분석되었다. 따라서 삼중로이창호를 적용할 경우에는 다른 창호에 비해 낮은 실내설정온도에서도 쾌적감을 느끼는 것으로 분석 되었다.

5. 결 과

본 연구에서는 발코니공간의 확장으로 발생하는 결로와 실내온열쾌적도 저하에 대한 정량적인 평가와 기초자료수립을 위하여 국내에서 생산·판매되고 있는 4개의 창호에 대하여 시뮬레이션 분석을 실시하였으며 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 최대난방부하일 기준으로 실내온도 24℃, 습도 60% 일때, 본 연구의 설정조건하에서 삼중투명창호(PTC52)는 새벽녘에 일부 결로가 발생하는 것으로 나타났으며, 이중투명창호(PDC24)는 모든시간에 결로가 발생하는 것으로 나타났다. 이중로이창호와 삼중로이창호는 결로가 발생하지 않는 것으로 분석 되었다.

2. 본 연구의 설정조건하에서 연중 8760시간 분석결과 이중로이창호, 삼중로이창호에서는 결로가 발생하지 않는 것으로 나타났으며, 이중투명창호, 삼중투명창호는 상대습도가 60%일때 발생하였다. 특히 이중투명창호의 경우 상대습도 60%일때 실내온도를 20℃에서 24℃로 변경시킬 경우 노점온도 발생시간이 800시간을 초과하는 것으로 나타났으며, 삼중투명창호의 경우 100시간으로 나타났다.

3. 최대난방부하일 기준으로 실내온도 24℃, 실내습도가 30% 일 때 PMV분석결과 쾌적범위인 -0.5~0.5사이에서 삼중로이창호, 이중로이창호, 삼중투명창호, 이중투명창호 순으로 가깝게 접근하는 것으로 분석되었다.

4. 연중 -0.5에서 +0.5까지의 쾌적범위에 포함되는 시간을 분석한 결과 이중투명창호는 실내온도 23℃에서 쾌적범위안에 포함되는 시간이 가장 많았으며, 삼중투명창호 22℃, 이중로이창호 22℃, 삼중로이창호 21℃로 나타났다.

본 연구는 과학기술부 우수연구센터육성사업인 한양대학교 친환경건축 연구센터의 지원으로 수행되었음 (R11-2005-056-02005-0)

참고문헌

1. 송승영외 2, Low-e 코팅과 단열 스페이서 적용에 따른 알루미늄 및 PVC 프레임 복층 유리 창호시스템의 단열성능 평가, 대한건축학회논문집 2006. 4.
2. 정만석 외, 초고층 주거건물 커튼월의 창호부 전열 및 결로 성능평가에 관한 연구, 대한건축학회 우수논문전 수상논문게요집, 2005. 4.
3. LBNL, THERM 5/WINDOW6 NFRC Simulation Manual, LBNL, 2003
4. 윤중호, "ESP-r 및 국외 건물 열해석 프로그램의 개발동향

- 분석”, 한국공기조화냉동 공학회, 공기조화냉동공학회 공조부
문 강연회, 1999. 9.
5. 윤중호 외, 공동주택 세대내 발코니 유형별 창호의 냉난방 에
너지 성능 분석, 태양에너지학회 논문집, 2007. 3.
 6. 박효순 외, 공동주택의 발코니개조가 건물에너지효율등급에
미치는 영향에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 2006. 3.
 7. 최윤정, 아파트 전면 발코니의 실내환경 조절효과 비교연구,
대한건축학회 논문집, 2005. 10.
 8. 서정민 외, 공동주택의 발코니 확장이 실내온열환경 및 냉난
방 부하에 미치는 영향, 대한설비공학회 2006하계발표대회 논
문집, 2006.