

공동주택의 발코니 확장이 실내온열환경 및 냉난방 부하에 미치는 영향

서 정 민, 송 두 삼^{*†}, 김 상 호
성균관대학교 대학원, ^{*}성균관대학교 건축공학과

Effect of the Balcony Space on Thermal Environment and Heating/Cooling Load in an Apartment House

Jung-Min Seo, Doo-Sam Song^{*†}, Sang-Ho Kim

ABSTRACT : The former studies for expanding a balcony space were tend to be focused on only quantitative aspects. In this study, the characteristics of balcony space on thermal environment in apartment house were analysed. First, the effect of the balcony space on thermal environment of living space was analysed by field measurement. Second, the temperature distribution of the bedroom and heating/cooling load with the balcony expansion were analysed by numerical simulation.

Key words : Expanded balcony(확장형 발코니), Thermal Environment(온열환경), Measurement(실측), Simulation(시뮬레이션)

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 공동주택에서 서비스 공간으로 주어진 발코니 공간을 확장하여 거주 공간으로 이용하는 사례가 늘고 있다. 2006년 건설 교통부는 아파트 발코니의 구조변경을 사실상 합법화 하였다⁽¹⁾. 발코니확장은 기존의 획일적이었던 아파트 평면에 다양성을 가지게 될 것으로 기대된다.

환경조절측면에서 보면 발코니 공간은 물리적으로 외부환경과 내부환경을 연결시켜주는 매개적인 공간으로써 외부기후변화에 대해 실내환경 변화를 최소화할 수 있는 완충적 공간의 역할을

하고 있다. 따라서 발코니 공간의 확장은 거주 공간의 외부환경에 대응할 수 있는 실내환경 조절 능력의 약화로 궁극적으로는 열쾌적감의 저하, 에너지 비용의 상승을 초래할 수 있다. 기존에 발코니 확장에 관해 많은 연구가 진행되었지만 대부분 정성적인 내용에 그치고 있어, 실제 확장형 평면을 계획하는데 유의한 결과를 제시하지 못하고 있다⁽²⁾. 이에 본 연구에서는 실측 및 시뮬레이션 분석을 통해 발코니 확장이 실내 열환경, 냉난방부하에 미치는 영향을 정량적으로 검토하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

발코니 확장이 실내온열환경에 미치는 영향을 검토하기 위해, 본 연구에서는 먼저 (1) 실측을 통해 공동주택 발코니 공간의 확장/비확장에 따른 실내 온도변화를 측정하고 그 결과

†Corresponding author

Tel. : +82-31-290-7551; fax :+82-31-290-7570

E-mail address : dssong@skku.edu

를 분석한다. (2) TRNSYS(Transient System Simulation Program) 프로그램⁽³⁾을 이용하여 확장/비확장에 따른 건물부하특성을 비교 검토한다. 마지막으로 (3) 실측결과를 경계조건으로 한 CFD (Computational Fluid Dynamics) 시뮬레이션을 통해 발코니 확장/비확장에 따른 열환경 특성을 비교 분석한다.

2. 실측을 통한 공동주택 발코니공간의 확장/비확장에 따른 온열환경 평가

2.1 현장 실측 개요

1) 실측 대상

측정은 경기도 의왕시 D건설사의 공동주택의 32평형 세대를 그 대상으로 이루어졌다. 공동주택은 준공된 지 1.5개월 된 것으로 측정세대는 23층 중 9층이며 측정당시 미 입주상태 이었다.

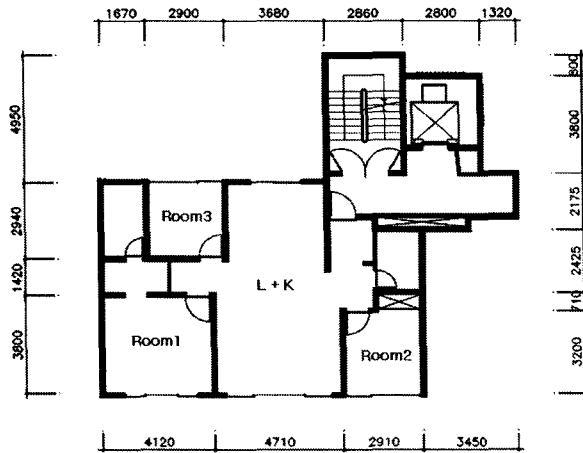


Fig. 1 House model for field study

2) 측정의 내용

- 실측 기간 : 2005년 1월 23일~27일(5일간)
- 측정 대상 공간 : 침실
- 측정 시간대 : 21:00~10:30(취침시간대 고려)

발코니 확장에 따른 실내 열환경 변화를 검토하기 위해 겨울철 취침시간대 침실공간을 주 측정대상으로 하였다.

3) 측정방법

Table 1 Properties of materials of Wall

재료명	Con. [kJ/hmK]	Cap. [kJ/kgK]	Den. [kg/m ³]	두께 [mm]
Cement mortar	5.02	1	2000	80
Polystyrene1	0.13	1.6	91	100
Sheet	0.38	1.51	750	3
Concrete	5.78	1	2200	150
Polystyrene2	0.16	1.6	750	20
Gypsum	0.63	1	2240	9.5
Glass wool	0.13	0.96	35	70
Lightweight Concrete	0.46	0.84	450	50
Wall board	2.63	1	1602	25

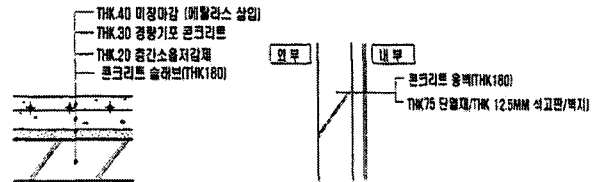


Fig. 2 Layer of Ceiling, Floor, Wall

Table 2 Schedule for field study

일자	시간	측정 항목	측정 장소
1월 23일		장비 설치 및 청소	
1월 24일	21:00	실내 온/습도 분포, 풍속측정, 외기 온/습도, PMV측정	침실, 발코니 외측
1월 25일	10:30	실내 온/습도 분포, 측정종료	침실
1월 26일	21:00	실내 온/습도 분포, 풍속측정, 외기 온/습도, PMV측정	침실, 발코니 외측
1월 27일	10:30	실내 온/습도 분포, 측정종료, 정리 및 철수	침실

Fig. 4에서 보이는 바와 같이 기존의 발코니형 평면의 침실에 대해 발코니 공간과 침실사이의 내측창을 제거하고 발코니바닥과 벽을 단열처리하여 확장형 평면을 구현하였다. 그리고 두 케이스 모두 측정 당시 침실1의 실온을 24℃로 설정한 후 연속운전 난방을 실시하였다.

실내 온도변화를 측정하기 위해 발코니 창으로부터 1m, 2m, 3m, 4m 간격으로 수직온도분포를 측정하였다. 측정높이는 10cm(사람이 바닥에 누웠을 때 호흡선의 높이), 60cm(침대에 누웠을 때의 높이), 110cm(앉아있는 경우의 머리부분), 170cm(사람이 서있을 때의 머리부분)로 하여 10분 간격으로 측정하였다.

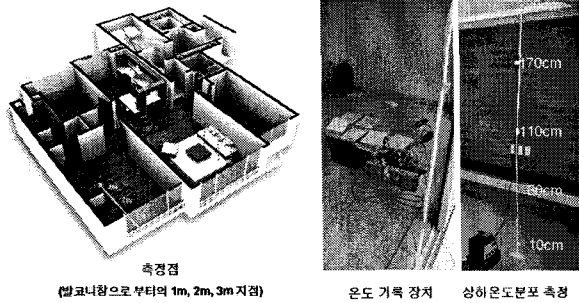


Fig. 4 View of field measurement

PMV 평가⁽⁴⁾를 위해 실온, 실내기류속도, 상대습도, MRT(mean radiant temperature)를 측정하였다.

2.2 측정 결과 분석 및 고찰

1) 외기온도의 변화

Fig. 5에서와 같이 측정 외기온도는 각각 -2°C ~ 2°C 의 온도변화를 나타내고 있다. 동일한 공간에 대해 발코니 확장, 비확장 케이스에 대한 온도분포를 측정하였기 때문에 측정은 각각 다른 날짜에 진행되었다. 따라서 측정케이스 별로 외기온도 변화에 다소 차이가 발생하였다.

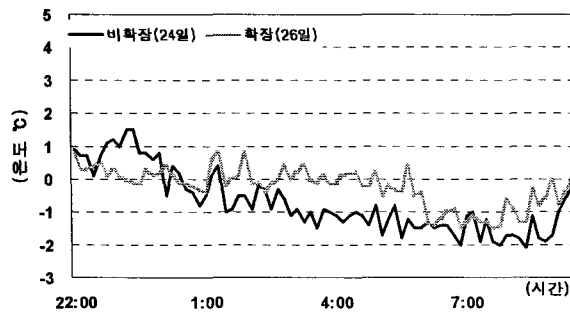


Fig. 5 Outdoor temperature fluctuation

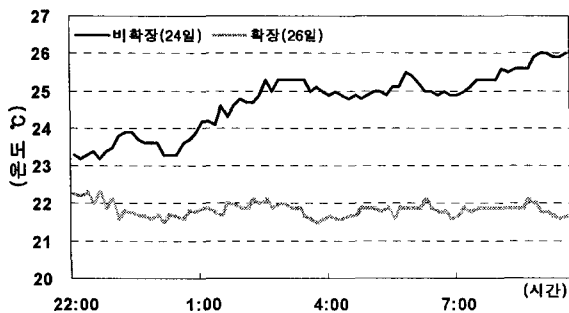


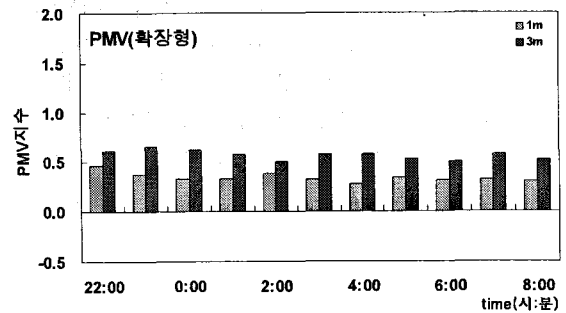
Fig. 6 Temperature difference on expanded and unexpanded Room1 (3m distance from balcony window at 60cm height)

2) 실내온도 변화

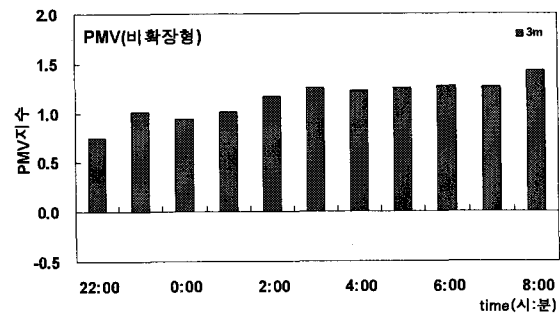
Fig. 6은 발코니 외창으로부터 거리 3m, 높이 60cm 인 지점에서 측정한 온도이다. 난방 시 비확장 CASE가 23°C ~ 26°C 의 증가추세의 온도변화를 나타낸 것에 비해 확장 CASE의 경우 실내 온도는 21.5°C ~ 22.5°C 로 다소 낮은 분포로 나타났다. 두 케이스 별 온도 차이는 1°C ~ 4°C 로 나타났다.

3) PMV 분포

발코니 확장 시 실내 온열감을 평가하기 위해 PMV 평가를 실시하였다. PMV 산출은 앞서 측정한 실내온도, 상대습도, 기류속도, 평균복사온도를 바탕으로 착의량(0.8clo)을 가정하여 발코니로부터 3m지점, 높이 60cm에서 PMV를 평가하였다.



(a) CASE 1 (비확장)



(b) CASE 2 (확장)

Fig. 7 Prediction of PMV (Room1)

PMV 평가 결과 확장하지 않은 침실 경우 동일지점 PMV값은 0.7 ~ 1.5로 나타났고 확장한 경우 동일지점 0.5 ~ 0.7로 나타났다. 결과만 보면 확장형이 쾌적 범위에 있지만, 결과를 통해서 비확장형의 경우 확장형에 비해 실내 설정온도를 다소 낮게 하여도 동일한 PMV치를 얻을 수 있다는 것을 시사하고 있다.

3. 시뮬레이션을 통한 확장/비확장에 따른 냉난방 부하 및 온열환경 성능평가

3.1 TRNSYS 시뮬레이션을 통한 실내 냉난방 부하 비교분석 및 창측 표면 결과판정

1) 대상 공간 및 케이스 선정

시뮬레이션을 위한 건물 모델링은 앞서 실측이 이루어졌던 공동주택의 평면, 벽체 구성과 동일하게 하였다. 검토 케이스는 Table 3과 같이 침실1, 거실, 침실2의 전면 발코니 확장 유무와 확장시 외창의 물성치에 따른 냉난방부하, 열환경 변화를 비교검토 하였다.

Table 3 Cases for TRNSYS simulation

구분	설명
CASE 1 (기존형)	복층유리+복층유리 (발코니외창+내창)
CASE 2 (발코니확장형)	복층유리 (발코니외창)
CASE 3 (발코니확장형)	복층유리(Low-E) (발코니외창)
CASE 4 (발코니확장형)	복층유리(Low-E, Argon) (발코니외창)

* 후면발코니는 모든 CASE에서 복층유리를 사용함.

2) 시뮬레이션 가정

시뮬레이션을 위한 조건과 발코니창의 물성치는 Table 4과 Table 5에 나타나 있다. Table 5의 자료는 TRNSYS 내 WINDOW LIBRARY⁽⁵⁾를 이용하였다.

Table 4 Conditions for TRNSYS Simulation

	Base Condition	
Weather Data	설비공학회 30년 표준기상 데이터	
Location	아파트 최상층, 좌우로 인접세대가 위치한 세대	
Heating set point	20°C, 40%	
Cooling set point	26°C, 60%	
Heat Gain	Person	Seated at rest Sensible Heat: 60 W Latent Heat: 40 W
	Computer	침실: 20W/m ² 거실: 23W/m ²
	Lighting	침실: 10W/m ² 거실: 13W/m ²
ventilation	0.7 회/h(기계환기)	

Table 5 Properties of window

창호종류	관류율 [W/m ² ·°C]	차폐계수 [-]	두께 [mm]
복층유리	2.95	0.777	2.5/12.7/2.5
복층유리 (Low-E)	1.76	0.579	3/12.7/2.5
복층유리 (low-E, Argon)	1.43	0.596	3/12.7/2.5

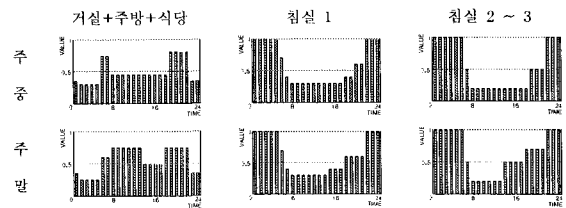


Fig. 8 Schedules for TRNSYS simulation

3) 시뮬레이션 결과 분석

(1) 냉난방 부하 분석

난방부하의 경우, 단순히 발코니를 확장한 CASE 2는 기존 발코니형인 CASE 1에 비해 34%가 증가하였다. 확장형에 Low-E유리를 사용한 CASE 3은 CASE 1에 비해 난방부하가 17% 증가하였으며, CASE 2에 비해 단열성능 향상에 따라 난방부하 17% 효과가 있었다. CASE4에서 Low-E와 아르곤 가스 주입유리를 사용할 경우 난방부하를 CASE1 수준으로 줄일 수 있었다. CASE 4의 냉방부하가 CASE 3의 냉방부하보다 높게 나타났는데 이는 차폐계수의 영향인 것으로 판단된다.

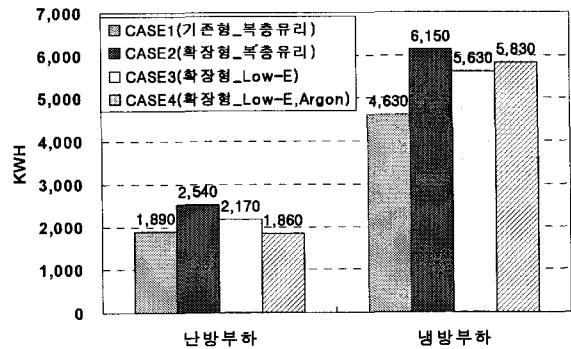


Fig. 9 Cooling/Heating Load of year (Room1+Room2+Room3+L+K)

냉방부하의 경우, 확장한 CASE 2와 CASE 3

이 CASE 1에 비해 각각 부하가 33%, 22% 증가하는 것으로 나타났다.

(2) 창표면 결로발생률 비교

난방기간(11월 15일 ~ 4월 15일 : 시뮬레이션 결과 침실1 기준 난방부하가 걸리는 기간을 난방기간으로 가정)동안 침실1의 창 안쪽표면에 1시간 단위 결로 발생횟수를 환산하여 Fig. 10의 결과를 얻었다. CASE 1(기존형 발코니)은 1.8% , CASE 2(확장형 복층유리)는 41.8%, CASE 3(확장형 Low-E유리)은 10.5%, CASE 4(확장형 Low-E+Argon주입유리)는 3.6%로 각각 나타났다. 검토한 CASE 중 단순확장한 CASE2가 결로 발생률이 가장 높은 것으로 나타났다.

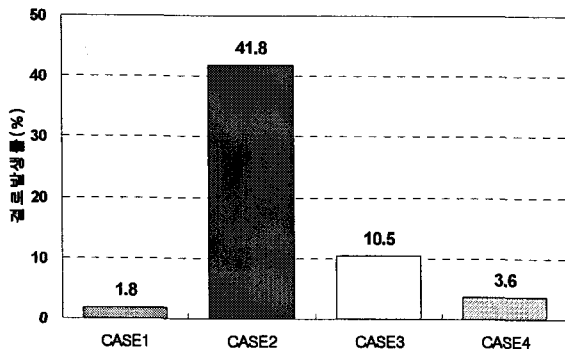


Fig. 10 Condensation rate on inside surface of window

3.2 CFD 시뮬레이션을 통한 실내 온열환경 평가

기존형의 침실과 확장형의 침실이 벽체 온도에 따라서 실내 온도에 각각 어떠한 영향을 주는지를 알아보고, 특히 창 측과 인접한 곳의 온도분포 특성을 비교하고자 한다. 그리고 PMV 비교를 통하여 침실에서 인체 온열감을 평가하고자 한다.

1) 해석대상공간

실측한 곳과 동일한 아파트평면의 침실 1을 대상으로 하였다. 분석은 Table 6에서와 같이 두 CASE로 나누었다.

Table 6 Cases for CFD simulation

구분	설명
CASE 1	기존형 평면 (침실[난방]+발코니[비난방])
CASE 2	확장 평면 (비난방전부난방)

2) 해석 조건

Table 7 Conditions for CFD Simulation

	CASE 1	CASE 2
Sise[m ³]	4.1×3.8×2.4	4.1×5.5×2.4
Mesh[개]	36×26×41	53×26×41
Solution Method	Steady State	
Turbulence Model	standard k-ε model	
Differential scheme	Simple	
Wall Boundary Condition	No Slip	

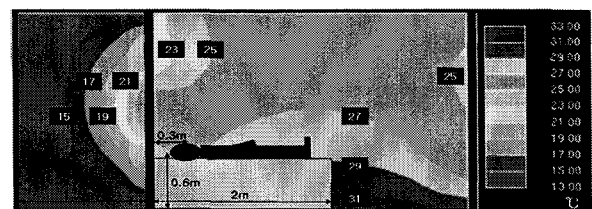
Table 8 Boundary condition for Simulation

벽체명	CASE1	CASE2
벽체온도[℃]		
외측창(상)	9.8	16.0(가정)
외측창(중)	9.3	17.9(가정)
외측창(하)	8.3	14.2(가정)
발코니바닥	10.1	32.0(가정)
발코니우측벽	13.0	22.6(가정)
발코니좌측벽	12.7	23.3(가정)
발코니천정	13.7	25.0(가정)
침실바닥	32.0	32.0
침실우측벽	23.9	22.6
침실좌측벽	24.3	23.3
침실천정	26.0	25.0
침실뒤쪽벽	24.4	23.0
내측창(상)	20.6	-
내측창(중)	27.3	-
내측창(하)	20.2	-

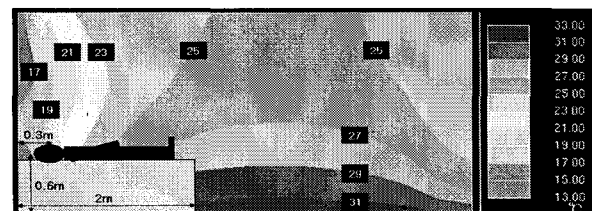
* 온도입력값은 실측값을 사용함.

3) CFD를 이용한 실내 온열환경 비교 분석

(1) 실내 온도분포 비교



(a) CASE 1 (비확장)



(b) CASE 2 (확장)

Fig. 11 Results of CFD simulation

기존형의 경우 창 주변온도는 23℃ ~ 25℃로 나타났다. 하지만 확장형의 경우 창 주변온도는 17℃ ~ 19℃로 창측 주변에 침대가 위치할 경우 열환경 측면에서 불리함을 알 수 있다.

(2) PMV 비교

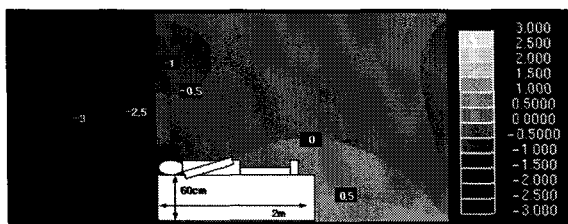
PMV 평가를 위한 각 지점의 온도는 Fig. 11의 시물레이션을 통한 결과를 이용하였다. PMV 산출을 위한 조건은 Table 9와 같다.

Table 9 Conditions for PMV calculation based on CFD results

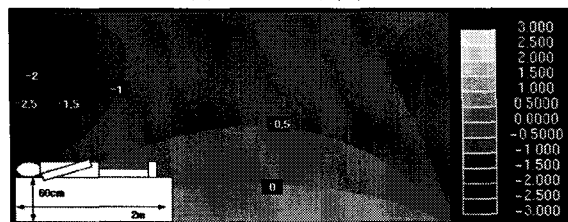
착의량[CLO]	1.0		
대사량[MET]	0.8(Sleeping on the bed)		
기류속도[m/s]	0.1		
상대습도[%]	40(실측치 반영)		
평균복사온도 [℃]	기존형 (침실1 중앙)	기존형 (발코니 중앙)	확장형 (침실1 중앙)
	25	12.1	22.5

*평균복사온도 : 실측치 반영

PMV의 6요소(건구온도, 상대습도, MRT, 착의량, 대사량, 기류속도)중 5요소를 고정시킨 후 온도와 PMV식에 관한 상관식(주1)을 도출하였다. CFD시물레이션에서 산출된 온도분포를 바탕으로 Table 8의 가정에 대한 PMV 산출결과는 Fig. 12와 같다.



(a) CASE 1 (비확장)



(b) CASE 2 (확장)

Fig. 12 PMV results based on CFD simulation

PMV 비교 결과 동일한 온도조건인 바닥난방

상태에서 CASE2가 CASE1에 비해 PMV가 약 0.35정도 낮게 나타났다. 창 측 주변에서의 PMV 값은 CASE1이 -1(Slightly Cool)인 것에 반해 CASE2는 -2.5(Cool)로 나타났다. Fig. 12의 결과 값은 상대적인 비교를 위한 것으로 실제 측정값과는 다소 차이가 있다.

4. 결론

본 연구에서 발코니 확장에 따른 실내 열환경 변화와 냉난방 부하를 실험과 시물레이션을 통해 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 실측 결과 확장된 발코니 공간이 기존의 발코니가 있는 공간에 비해서 겨울철 실온이 낮은 것으로 측정되었다. 이는 확장형 발코니가 외부로의 열손실이 상대적으로 많은 것을 의미한다.

(2) PMV 평가결과 발코니 확장 시 기존형에 비해 상대적으로 0.2 ~ 0.7의 낮은 PMV 값이 나타났다.

(3) TRNSYS 시물레이션 분석결과 발코니 확장 시 Low-E 유리를 사용하는 등 외측창의 관류율을 높임으로써 난방부하를 줄일 수 있었다. 결과 발생도 일반복층유리에 대신 Low-E 유리 사용 시 효과가 있는 것으로 나타났다. 발코니 확장 시 냉방부하는 복층유리에 비해 Low-E 유리를 사용함으로써 냉방부하를 줄일 수 있었다. 하지만 기존 발코니형(CASE 1)에 비해 확장시 냉방부하(CASE 3)는 21.7% 높게 나타났다.

(4) CFD 시물레이션 분석결과 PMV 비교에서 침실 1의 PMV값이 확장형이 기존 발코니형에 비해 약 0.35 정도 낮게 나타났다. 특히 확장형의 경우 창측 주변의 PMV가 낮아 온열환경의 불균형을 초래할 수 있다.

주 석

(주1) 온도에 따른 PMV 변화를 구한 뒤 추세선을 구하여 관계를 도출
 기존형: $y = 0.1946x - 5.3941$
 발코니: $y = 0.1891x - 7.2297$
 확장: $y = 0.1932x - 5.759$
 (x : 온도, y : PMV)

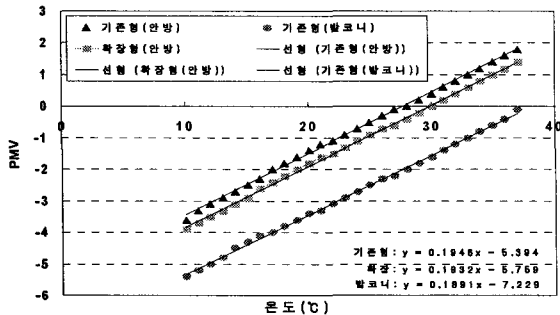


Fig. 12 Relation of PMV and Temperature

후 기

본 연구는 과학기술부 우수연구센터육성사업의 지원으로 수행되었음
(R11-2005-056-02004-0).

참고문헌

1. 건설교통부 건축법 시행령 제2조 제1항 제15호 및 제46조 제4항 제4호의 규정
2. Yoon, I. W., 1999, A study on the State of Apartment Balcony Usage and the Residents's Attitude, Proceeding of the AIK 1999, pp. 67-72

3. TRNSYS reference manual; 2000, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison
4. Fanger, P. O., 1970, Thermal Comfort, Danish Technical Press.
5. Libraries were created with the program WINDOW 4.1 from the Lawrence Berkeley Laboratory, USA
6. Kim, S. H.; Song, D. S., 2005, Effect of Balcony on Indoor Thermal Environment and Heating/cooling Load in an Apartment House, Proceeding of the AIK 2005, pp. 191-195
7. Cho, W. H., 2004, A Study on the Proposal of Ventilation System for improving IAQ and Development of Simulation Tool to evaluate its Performance, Sunkunkwan University, suwon, korea
8. Choi, U., Moon, J. S., Lee, S. C., Yoo, H. S., Lee, J. H., 2003, Investigation of Heating and Cooling Load in an Apartment House with Various Window Systems, Proceedings of the SAREK 2003 Winter Annual Conference, pp. 75-80