

## 공동주택의 발코니 확장이 실내온열환경 및 냉난방 부하에 미치는 영향

서 정 민, 최 영 진, 송 두 삼<sup>†\*</sup>, 장 현 재<sup>\*\*</sup>, 김 상 진<sup>\*\*\*</sup>

성균관대학교 대학원, <sup>\*</sup>성균관대학교 건축공학과, <sup>\*\*</sup>홍익대학교 건축공학부, <sup>\*\*\*</sup>전주대학교 건축공학과

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

Jung-Min Seo, Young-Jin Choi, Doosam Song<sup>†\*</sup>, Hyun-Jae Chang<sup>\*\*</sup>, Sang-Jin Kim<sup>\*\*\*</sup>

Graduate School, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Korea

<sup>\*</sup>Department of Architectural Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Korea

<sup>\*\*</sup>School of Architectural Engineering, Hongik University, Jochiwon 339-701, Korea

<sup>\*\*\*</sup>Department of Architectural Engineering, Jeonju University, Jeonju 560-759, Korea

(Received November 27, 2006; revision received February 28, 2007)

**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:** Balcony remodeling(발코니 개조), Thermal environment(온열환경), Measurement(실측), Simulation(시뮬레이션)

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

2006년 정부는 아파트 발코니의 구조변경을 합법화하고 있다.<sup>(1)</sup> 발코니확장은 기존의 획일적이었던 아파트 평면에 다양성을 가지게 될 것으로 기대된다.

그러나 환경조절측면에서 보면 발코니 공간은 물리적으로 외부환경과 내부환경을 연결시켜주는 매개 공간으로써 외부 기상변화에 대해 실내환경

변화를 최소화하는 완충적 공간의 역할을 하고 있다. 따라서 열적성능 향상을 도모하지 않은 상태에서 단순히 발코니 공간을 확장하는 경우, 거주 공간의 외부환경 변화에 대응할 수 있는 실내 열환경 조절능력의 약화로 궁극적으로는 열쾌적감의 저하, 에너지 비용의 상승을 초래할 수 있다.

발코니 확장에 관해 많은 선행연구가 보고되고 있으나 대부분 정성적인 내용에 그치고 있어, 실제 확장형 평면을 계획하는데 유의한 결과를 제시하지 못하고 있다.<sup>(2)</sup>

이에 본 연구에서는 실측 및 시뮬레이션을 통해 발코니 확장이 실내 온열환경, 냉난방부하에 미치는 영향 및 확장에 대비한 외피시스템(창호)안의 제안 및 그에 대한 정량적인 검토결과를 보고하고 있다.

† Corresponding author

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

E-mail address: dssong@skku.edu

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 결과를 분석한다. ② 실측결과를 경계조건으로 한 CFD(Computational Fluid Dynamics) 시뮬레이션을 통해 발코니 확장/비확장에 따른 실내 열환경 특성을 비교 분석한다. ③ TRNSYS(Transient System Simulation Program)<sup>(3)</sup> 시뮬레이션을 통해 발코니공간의 확장/비확장에 따른 건물부하특성 및 외측창의 결로 발생여부, 확장에 대비한 외측 창호 대안 등에 대해 검토한다.

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

2.1 현장 실측 개요

2.1.1 실측 대상

측정은 경기도 의왕시 소재 D건설사의 공동주택 32평형 세대를 대상으로 하였다. 공동주택은 준공된 지 1.5개월 된 것으로 측정세대는 23층 중 9층이며 측정당시 미 입주상태 이었다. 측정세대의 외벽, 내벽, 바닥, 천정의 벽체구성은 Table 1, Fig. 2와 같다.

2.1.2 측정의 내용

- 실측 기간 : 2005년 1월 23일 ~ 27일(5일간)

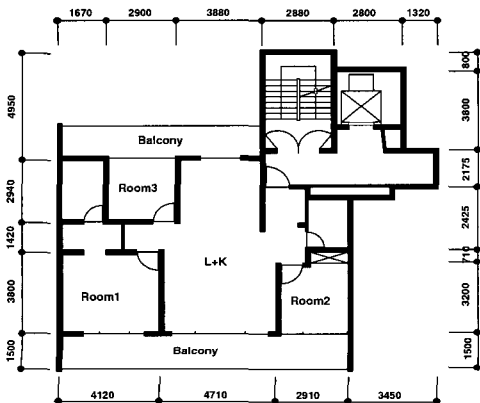


Fig. 1 Housing model for field study.

- 측정 대상 공간 : 침실, 침실전면 발코니
- 측정 시간대 : 21 : 00 ~ 10 : 30(취침시간대)

발코니 확장에 따른 실내 열환경 변화를 검토하기 위해 겨울철 취침시간대 침실공간을 주 측정대상으로 하였다. 측정 스케줄과 측정항목은 Table 2와 같다.

2.1.3 측정방법

Fig. 3에서 보이는 바와 같이 기존 발코니형 평

Table 1 Properties of materials of wall

	Con. [kJ/hmK]	Cap. [kJ/kgK]	Den. <sub>s</sub> [kg/m <sup>3</sup> ]	Thickness [mm]
Cement mortar	5.02	1.00	2,000	80
Polystyrene 1	0.13	1.60	91	100
Sheet	0.38	1.51	750	3
Concrete	5.78	1.00	2,200	150
Polystyrene 2	0.16	1.60	750	20
Gypsum	0.63	1.00	2,240	9.5
Glass wool	0.13	0.96	35	70
Lightweight concrete	0.46	0.84	450	50
Wall board	2.63	1.00	1,602	25

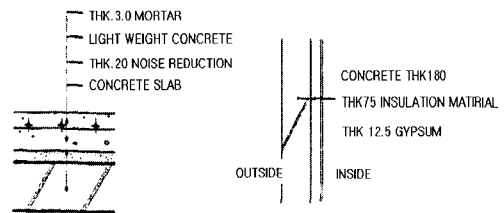
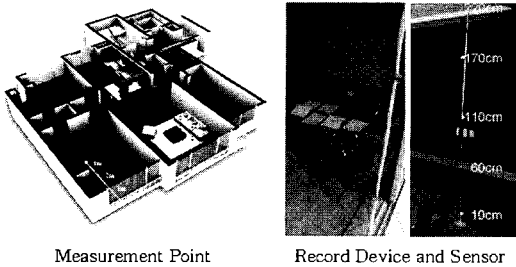


Fig. 2 Layer of ceiling, floor and wall.

Table 2 Schedule for field study

Day/ Time	Measurement item	Test area
January 23	Equipment setting	
January 24 21 : 00 pm ~	- outdoor temp./RH - outdoor wind velocity	Bedroom+balcony(with Balcony)
January 25 10 : 30 am	- indoor temperature distribution	Outdoor
January 26 21 : 00 pm ~	- indoor RH - indoor globe temp. - indoor air velocity	Bedroom(without balcony)
January 27 10 : 30 am	- PMV	Outdoor



Measurement Point Record Device and Sensor

Fig. 3 View of field measurement.

면의 침실에 대해 발코니 공간과 침실사이의 내측창을 제거하고 발코니바닥과 벽을 단열처리하여 확장형 평면을 구현하였다. 확장이 합법화된 현시점에서 확장의 경우 대안적인 창호시스템이 제안될 것으로 사료되나 측정 당시에는 기존의 발코니 창을 활용하여 단순 확장되는 것이 일반적이어서 본 연구에서 실시한 실측도 기존 발코니 창을 전제로 단순 확장한 상태에서 실시되었다. 측정기간 동안 측정 대상공간인 침실 1의 실온을 24℃로 설정하여 연속운전 난방을 실시하였다.

Fig. 3에 보이는 바와 같이 발코니 창으로부터 1m, 2m, 3m, 4m 간격으로 수평온도분포를 측정하여 발코니 확장/비확장시의 실온 분포를 측정하였다. 수직측정높이는 10cm(착석시 발목 높이), 60cm(착석시 복부 또는 취침시 침대높이), 110cm(착석시 머리부분), 170cm(서있을 경우 머리부분)로 하여 10분 간격으로 측정하였다. 또한 거주자의 온열감(PMV<sup>(4)</sup>)을 평가하기 위해 실온, 기류속도, 상대습도, MRT(Mean radiant temperature)를 측정하였다.

2.2 측정 결과 분석 및 고찰

2.2.1 외기온도 변화

Fig. 4와 같이 측정 외기온도는 각각 -2℃~2℃의 온도변화를 나타냈다. 동일한 공간에 대해 발코니 확장, 비확장 케이스에 대한 온도분포를 측정하였기 때문에 측정은 각각 다른 날짜에 진행되었다. 따라서 측정케이스 별로 외기온도 변화에 다소 차이가 발생하였다.

2.2.2 실내온도 변화

Fig. 5는 발코니 외창으로부터 거리 3m, 높이 60cm 지점에서 측정한 온도이다. 실온을 24℃로

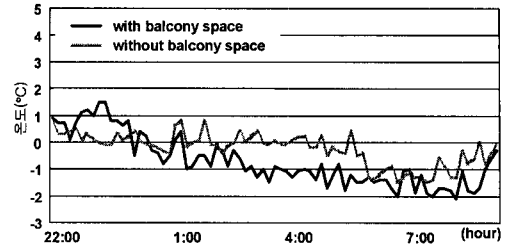


Fig. 4 Outdoor temperature fluctuation.

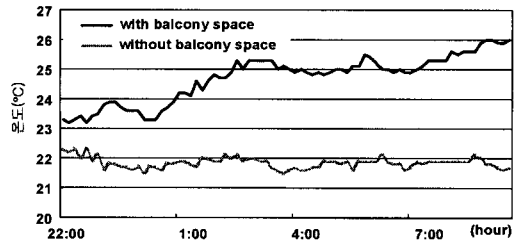
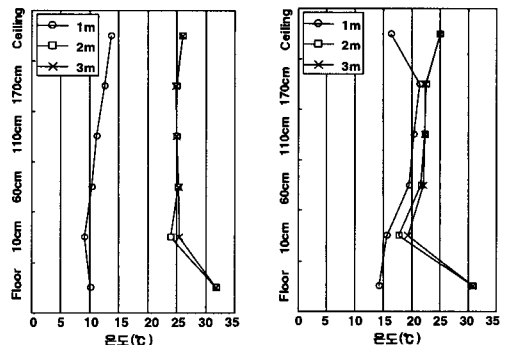


Fig. 5 Indoor temperature difference with or without balcony space conditions at room1 (3m distance from exterior window at 60cm height).

설정된 상태에서 비확장 시 실온이 23℃~26℃의 변화를 나타내고 있는 것에 반해 확장 시 실온은 21.5℃~22.5℃로 다소 낮은 분포로 나타났다. 확장, 비확장에 따른 실온차이는 1℃~4℃로 나타났다.

2.2.3 실내수직온도분포

Fig. 6은 새벽 2시경의 외측창으로부터 이격거리별 수직온도분포를 나타내고 있다. 발코니를 확장하지 않은 경우 발코니 공간과 안방 공간이



(1) With balcony (2) Without balcony

Fig. 6 Temperature distribution.

각각 독립적으로 비교적 균일한 온도 분포를 보이고 있으나 발코니를 확장한 경우 확장부분의 낮은 벽면온도 및 그에 따른 열손실로 인해 실온 저하를 초래하여 실내중양부(이격거리 2m, 3m 지점)의 온도가 비확장의 경우와 비교하여 최대 5℃ 정도 낮게 나타났다.

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

#### 3.1 CFD 시뮬레이션을 통한 실내 온열환경 평가

선행된 실측결과를 바탕으로 한 CFD 시뮬레이션을 통해 발코니 확장/비확장에 따른 실내 온도분포를 상세히 검토하고 이 결과를 토대로 하여 거주자의 열쾌적성(PMV)을 비교, 평가하고자 한다.

##### 3.1.1 해석 대상공간

실측 대상공간과 동일하게 침실 1을 대상으로 하였다(Fig. 7 참조). 분석은 Table 3에서와 같이 두 CASE로 나누어 실시하였다.

##### 3.1.2 해석 조건

CFD 시뮬레이션을 위한 해석조건 및 경계조건을 Table 4, Table 5에 보이고 있다. Table 5의 경계조건은 선행된 실측결과를 바탕으로 한 것이다. 단 Table 5의 경계조건에서 CASE 2의 발코니 확장 공간에 해당하는 부분(\* 부분)의 온도는 실측의 경우, 기존의 발코니 부분에 대한 난방을

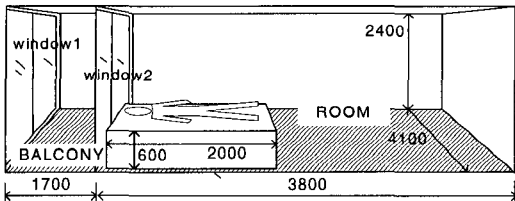


Fig. 7 Model of CFD.

Table 3 Cases for CFD simulation

	Explanation
CASE 1	With balcony(room[heating] + balcony[no heating])
CASE 2	Without balcony (heating)

하지 않고 단지 단열조건하에서 이루어진 점을 감안하여, 그에 대한 보완 시뮬레이션(ESP-r)을 통해 발코니 부분 이외의 공간에 대해서는 실측치를 적용하고, 또한 실측과 동일한 외기온도조건, 벽면조건 등을 적용한 상태에서 발코니공간에 침실과 동일하게 난방을 실시한다고 가정한 상태

Table 4 Conditions for CFD simulation

	CASE 1	CASE 2
Size [m <sup>3</sup> ]	4.1×3.8×2.4	4.1×5.5×2.4
Mesh [number]	36×26×41	53×26×41
Solution method	Steady state	
Turbulence model	Standard k-ε model	
Differential scheme	Simple	
Wall condition	No slip	

Table 5 Boundary conditions for CFD simulation

		CASE 1	CASE 2
		Surface temperature [℃]	
Exterior window	Window(up)	9.8	16.0(*)
	Window(middle)	9.3	17.9(*)
	Window(down)	8.3	14.2(*)
Balcony space	Floor	10.1	32.0(*)
	Right side wall	13.0	22.6(*)
	Left side wall	12.7	23.3(*)
	Ceiling	13.7	25.0(*)
Inner window	Window(up)	20.6	-
	Window(middle)	27.3	-
	Window(down)	20.2	-
Room 1	Floor	32.0	32.0
	Right side wall	23.9	22.6
	Left side wall	24.3	23.3
	Rear side wall	26.0	25.0
	Ceiling	24.4	23.0

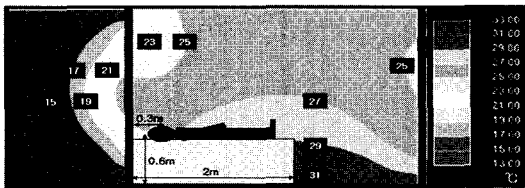
\* These values are the network simulation results which were deduced from the assumption that the floor of former balcony was heated by radiant panel heating.

에서 추출된 벽면온도를 경계조건으로 하였다. 이 결과는 발코니 공간 이외의 벽체온도에 대한 ESP-r 시뮬레이션 결과와 실측치가 거의 유사하게 나타난 시뮬레이션 모델링 결과에서 추출된 결과로 상당한 신뢰성을 가진다고 사료된다.

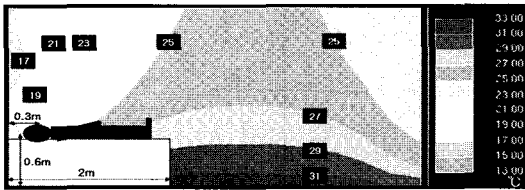
3.1.3 CFD 시뮬레이션 결과

(1) 실내 온도분포(Fig. 8)

Fig. 8에서와 같이 기존형(CASE 1)의 경우 창 주변온도는 23℃~25℃로 나타났다. 하지만 확장형(CASE 2)의 경우 창 주변온도는 17℃~19℃로 창

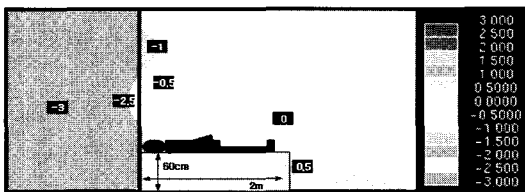


(a) CASE 1 (with balcony)

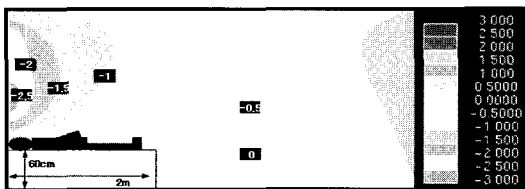


(b) CASE 2 (without balcony)

Fig. 8 Results of CFD simulation.



(a) CASE 1 (with balcony)



(b) CASE 2 (without balcony)

Fig. 9 PMV results based on CFD simulation.

측 주변이 열환경 측면에서 불리함을 알 수 있다.

(2) PMV 비교(Fig. 9)

PMV 평가를 위한 각 지점의 온도는 Fig. 8의 시뮬레이션을 통한 결과를 이용하였다. PMV 산출을 위한 조건은 Table 6와 같다.

PMV의 6요소 중 건구온도를 제외한 나머지 5요소(상대습도, MRT, 착의량, 대사량, 기류속도)는 Table 6에 나타난 외기온도가 가장 낮은 시간대(새벽 2시 경)의 실측값을 바탕으로 하여 각 지점의 온도변화와 PMV와의 상관식을 식(1)~식(3)과 같이 도출하였다. 식(1)은 기존 발코니 타입의 실내측 부분의 상관식이며, 식(2)는 발코니 부분의 상관식이다. 식(3)은 확장형에 대한 상관식이다. 이와같이 3가지 상관식이 요구되는 것은 Table 6에서와 같이 각 지점의 MRT차이에 기인한다. 각 상관식은 Fig. 10에 나타내었다.

Table 6 Conditions for PMV calculation based on temperature distribution of CFD

Cloth[CLO]	1.0		
Activity [MET]	0.8(Sleeping on the bed)		
Air velocity [m/s]	0.1(Measured)		
Relative humidity[%]	40(Measured)		
MRT [°C]	With balcony (center of room 1)	With balcony (center of balcony)	Without balcony (center of room 1)
	25 (Measured)	12.1 (Measured)	22.5 (Measured)

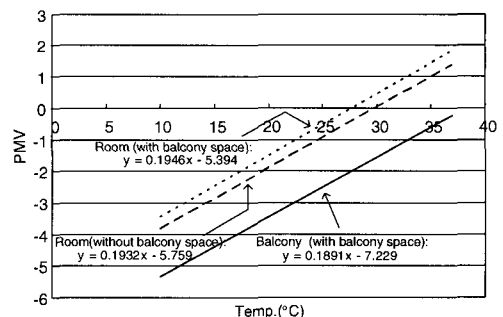


Fig. 10 Relation of PMV and temperature.

- CASE 1(실) :  $y = 0.1946x - 5.394$  (1)
  - CASE 1(발코니) :  $y = 0.1891x - 7.229$  (2)
  - CASE 2(실) :  $y = 0.1932x - 5.759$  (3)
- ( $x$  : 온도,  $y$  : PMV)

CFD시뮬레이션에서 산출된 온도분포를 바탕으로 Table 6의 가정에 대한 PMV 산출결과를 Fig. 9와 같다.

PMV 산출결과 동일한 온도조건의 바닥난방 상태에서 CASE 2가 CASE 1에 비해 PMV가 약 0.35정도 낮게 나타났다. 창 측 주변에서의 PMV 값은 CASE 1이 -1(Slightly cool)인 것에 반해 CASE 2는 -2.5(Cool)로 나타났다. 이 결과를 통해 외피시스템의 추가적인 보완이 없는 단순확장은 상당한 열적 불쾌감을 유발할 수 있음을 시사하고 있다. 단 Fig. 9의 결과는 발코니확장/비확장시의 온도분포를 바탕으로 두 경우간의 상대적인 비교를 위한 것으로 실제 측정값과는 다소 차이가 있을 수 있다.

### 3.2 TRNSYS 시뮬레이션을 통한 실내 냉난방 부하 비교분석 및 창측 표면 결로판정

#### 3.2.1 분석대상 공간 및 케이스

시뮬레이션을 위한 건물 모델링은 선행된 실측 대상세대의 평면, 벽체 구성과 동일하게 하였다. 검토 케이스는 Table 7과 같이 침실 1, 거실, 침실 2의 전면 발코니 확장 유무와 확장시 외창의 물성치에 따른 냉난방부하, 열환경 변화를 비교 검토 하였다.

CASE 1은 기존의 발코니가 있는 경우에 관한 것이며 CASE 2는 CASE 1의 발코니창을 전제로 단순 확장한 경우, CASE 3은 확장 시 발코니창의 보완책으로 Low-e 유리를 사용한 경우, CASE 4는 Low-e에 Argon 충전한 경우를 모사하고 있다.

#### 3.2.2 시뮬레이션 가정

시뮬레이션 조건 및 발코니창의 물성치는 Table 8, Table 9, Fig. 11, Fig. 12와 같다. Table 9의 자료는 TRNSYS 내 WINDOW LIBRARY<sup>(5)</sup>에 기초한 것이다.

#### 3.2.3 시뮬레이션 결과

##### (1) 냉난방 부하(Fig. 13)

냉난방 부하 산출 시 난방기간(12월, 1월, 2월,

Table 7 Cases for TRNSYS simulation

	Composition
CASE 1 (With balcony)	Double glazing+Double glazing (Exterior window+Inner window)
CASE 2 (Without balcony)	Double glazing (Exterior window)
CASE 3 (Without balcony)	Double glazing(Low-e) (Exterior window)
CASE 4 (Without balcony)	Double glazing(Low-e, Argon) (Exterior window)

Table 8 Properties of window

Window type	U-value [W/m <sup>2</sup> ·°C]	Shading coefficient [-]	Thickness [mm]
Double	2.95	0.777	2.5/12.7/2.5
Double (Low-e)	1.76	0.597	3/12.7/2.5
Double (Low-e, Argon)	1.43	0.596	3/12.7/2.5

\* Window of the rear balcony uses double glazing in all cases.

Table 9 Conditions for TRNSYS simulation

Base condition	
Weather data	Standard weather data (The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea)
Location	Top floor, adjacent house neighborhood
Heating set point	20°C, 40%
Cooling set point	26°C, 60%
Internal gain	Person Seated at rest Sensible heat : 60 W Latent heat : 40 W L+D+K : 4 person Room 1 : 2 person Room 2~3 : 1 person
	Computer Room : 20 W/m <sup>2</sup> L+D+K : 23 W/m <sup>2</sup>
	Lighting Room : 10 W/m <sup>2</sup> L+D+K : 13 W/m <sup>2</sup>
Ventilation	0.7 times/h

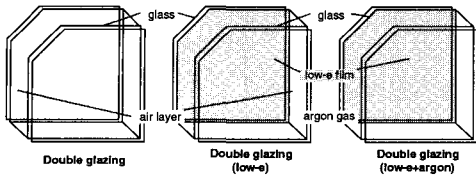


Fig. 11 Compositions of glazing.

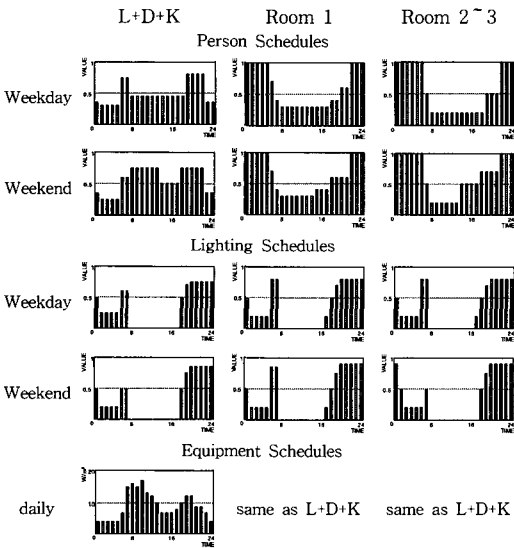


Fig. 12 Schedules for TRNSYS simulation.

3월)과 냉방기간(6월, 7월, 8월, 9월)을 정하고 그 외 기간은 냉난방을 하지 않는다고 가정하였다. 난방부하의 경우, 단순히 발코니를 확장한 CASE 2는 기존 발코니형인 CASE 1에 비해 53%가 증가하였다. 확장형에 low-e 유리를 사용한 CASE 3은 CASE 1에 비해 난방부하가 14% 증가하였으며, CASE 2에 비해 단열성능 향상에 의해 난방부

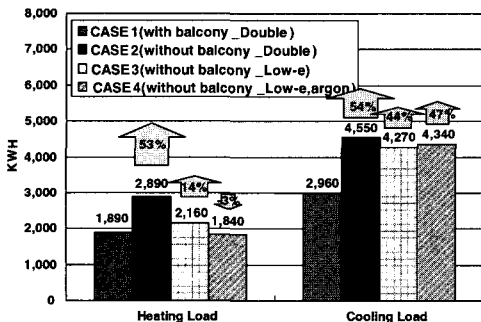


Fig. 13 Cooling/heating load of year (Room1+Room2+Room3+L+K).

하 39% 절감효과가 있었다. CASE 4에서 low-e와 아르곤 가스 주입유리를 사용할 경우 난방부하를 CASE 1 수준으로 줄일 수 있었다. 냉방부하의 경우 확장 시(CASE 2) 기존형(CASE 1)에 비해 약 54% 정도 증가한 것으로 나타났으며 CASE 3은 CASE 2에 비해 약 10%정도 낮게 타났다. 반면, CASE 4에서 냉방부하는 CASE 3에 비해 다소 증가하는 경향을 보였다.

외측 창호부분의 유리를 Low-e(CASE 3), Low-e + Argon(CASE 4)으로 마감하는 두 가지 CASE에 대한 냉방부하의 차이(Fig. 13)를 검토한 결과, 내부발열은 동일하였으며 일사취득열량 또한 거의 차이가 나타나지 않았다. 단 그 차이는 Fig. 14에 보이는 바와 같이 관류열손실에 기인하고 있다. Fig. 14와 같이 Low-e+Argon으로 마감하는 경우, Low-e마감에 비해 단열성능의 증가(Table 8의 U-value 참조)로 인해 상대적으로 관류열손실이 감소, 결과적으로 냉방부하의 증가를 초래하였다.

Fig. 15는 냉방을 하지 않은 자연상태에서의 Low-e, Low-e+Argon 마감에 따른 실온분포를 보이고 있다. Low-e+Argon의 경우, 단열성 증가로 인해 열손실이 감소, 결과적으로 실온상승을 초래하였다.

(2) 창표면 결로발생을 비교(Fig. 16)

시뮬레이션 결과 난방부하가 걸리는 기간(11월 15일~4월 15일)에 대한 침실 1의 내측창 표면에서의 결로발생 여부를 1시간 단위로 검토하여 Fig. 16의 결과를 얻었다. CASE 1(기존형 발코니)은 총 검토시간에 대한 결로발생 비율은 1.8%, CASE 2(확장형 복층유리)는 41.8%, CASE 3(확장형 Low-e

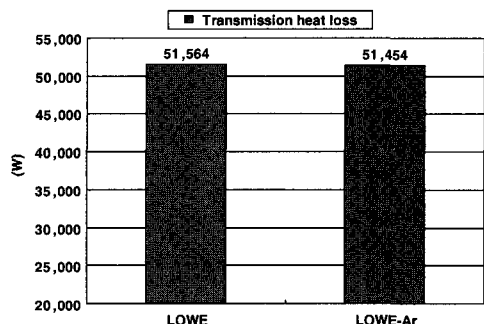


Fig. 14 Transmission heat loss of building envelopes.

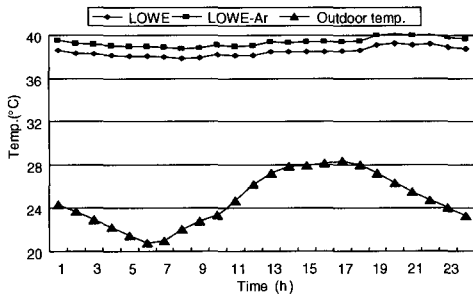


Fig. 15 Indoor temperature (1 August, 24 hr).

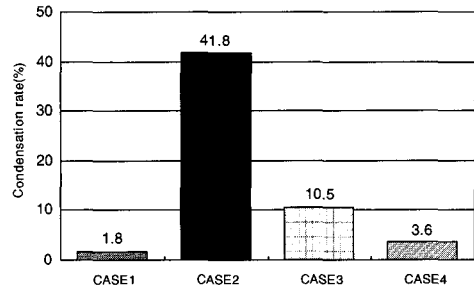


Fig. 16 Condensation rates on inside surface of window.

유리)은 10.5%, CASE 4(확장형 Low-e+Argon주입유리)는 3.6%로 각각 나타났다. 검토한 CASE 중 단순 확장한 CASE 2가 결코 발생률이 가장 높게 나타났다.

#### 4. 결 론

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

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

(2) 실측결과를 바탕으로 한 CFD 시뮬레이션 분석결과, 분석 대상공간(침실 1)의 PMV치는 확장형이 기존 발코니형에 비해 약 0.35 정도 낮게 나타났다. 특히 확장형의 경우 창측 주변의 PMV가 낮아 재실자의 열적불쾌감을 유발할 수 있다.

(3) TRNSYS 시뮬레이션 분석결과 발코니 확장 시 기존형에 비해 약 53%의 난방부하, 약 54%의 냉방부하 증가를 초래하였다. 확장 시 Low-e 유리를 사용하는 등 외측창의 열적 성능을 강화함으로써 냉난방부하를 상당부분 줄일 수 있었다. 결코 발생도 일반 복층유리에 대신 Low-e 유리 사용 시 그 개선효과가 높게 나타났다.

#### 후 기

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

#### 참고문헌

1. Korean Ministry of Construction & Transportation, Korean Building Code and its implementing ordinances-2.2.15, 2005. 12.
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. ASHRAE 2001, ASHRAE Handbook Fundamentals(SI) : THERMAL COMFORT, Atlanta, USA.
7. Kim, S. H. and 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.
8. Choi, U., Moon, J. S., Lee, S. C., Yoo, H. S. and 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.