

## 공동주택 발코니의 열환경 향상방안

### Improving the Thermal Environment of Balcony in Apartment House

박선효\* · 배상환\*\* · 홍천화\*\*\*

Park, Sun-Hyo · Bae, Sang-Hwan · Hong, Cheon-Hwa

#### Abstract

In recent days, it is usual case to extend the dwelling area to the balcony which is provided by service area. But the use of the extended area can be arisen discomfort with a view point of thermal environment by excessive heat accumulation in summer and excessive cold draft in winter. In this study, the skills were reviewed to improve the thermal environment of the extended area and evaluations were carried out. Additional heat supply by heat-convector installed at the lower end of the curtain wall can improve the thermal environment of the extended area and also arise surface temperature of the curtain wall surface. And aluminum plate installed under the floor could not improve the thermal environment, but it was effective to shortening the initial heating time.

키워드 : 공동주택, 발코니, 컨벡터

Keywords : Apartment House, Balcony, Heat-convector

## 1. 서 론

### 1. 연구의 배경 및 목적

최근 공동주택 및 주상복합건물에서 공간의 효율적인 사용을 위해 발코니로 제공되는 부위를 확장하여 실내공간으로 활용하는 추세가 증가하고 있다. 그러나 발코니 공간은 서비스공간으로 분류되므로 난방을 할 수 없다. 따라서 발코니를 확장할 경우 발코니 부위의 실온 및 바닥 표면 온도가 낮아 재실자의 불편함을 야기할 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 현행 법규의 범위 내에서 발코니 확장 부위의 난방을 확보할 수 있는 방안 마련이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 발코니 확장부위의 결

로방지 단열공법 선정을 위한 실험을 실시하고, 확장부위의 열쾌적 시뮬레이션을 실시하였다. 또한 거실의 전면 창호 하부에 컨벡터를 설치하여 열환경을 향상시키는 방안에 대하여 Mock-up 실험을 실시하고 그 효과를 검토하고자 한다.

### 2. 연구 방법 및 범위

본 연구에서는 발코니 확장과 관련한 현행 규정을 검토하였고 발코니 확장에 따른 열쾌적 Simulation을 실시하여 확장부위 난방이 실시되지 않을 때의 열쾌적도를 예측해보았다.

발코니 확장부위의 열환경 개선을 위한 방법으로 확장부위에 알루미늄 방열판을 설치하는 방법과 컨벡터를 설치하는 방법을 적용하여 Mock-up 실험을 실시하였으며, 적용 효과를 검토하였다.

\* 대림산업 기술연구소 연구원

\*\* 대림산업 기술연구소 대리

\*\*\* 대림산업 기술연구소 부장

## 2. 발코니 확장관련 규정

현행 규정상 발코니는 확장에 따른 난방을 불법으로 규정하고 있다. 발코니 확장에 대한 규정을 서울시 공문을 참조하여 정리하면 다음과 같다.

- 1) 발코니와 거실부분의 바닥마감재가 서로 다를 것
- 2) 방수 후 타일 등의 외부마감재로 마감
- 3) 발코니 난방시설을 하지 말 것

그러나 발코니 확장시 확장부위에 별도의 난방시설이 설치되지 않으면, 실내의 난방부족 및 열손실이 증가하게 되어 재실자가 열적 불쾌감을 느끼게 된다. 따라서 최근 발코니를 확장하는 경우 대부분 온수교일을 설치하거나 전기히팅패널을 설치하는 등의 난방 조치가 실시되고 있는 상황이다. 그러나 위의 규정에 근거하면 이는 불법에 해당하는 행위라 할 수 있다. 따라서 현행 법규의 범위 내에서 발코니 확장 부위의 난방을 확보할 수 있는 방안 마련이 필요하다.

## 3. 발코니의 결로발생 및 방지공법

### 1. 발코니에서의 결로발생현황

거주자가 거주하고 있는 공동주택에서의 결로 발생 현황은 다음 그림 1~그림 4와 같다.

그림 1과 그림 2는 세대의 남측에 위치한 침실의 발코니에 설치된 창고용 공간에서 발생한 결로 및 곰팡이 사진이다. 사진촬영이 3월 12일에 이루어졌음에도 불구하고 벽체에 발생한 결로수가 흘러내리는 것을 볼 수 있었다. 또한 동절기에 발생한 결로로 인하여 곰팡이가 많이 발생한 것을 볼 수 있었다.

그림 3과 그림 4는 세대 북측에 위치한 주방의 발코니에서 발생한 결로 사진이다. 그림 3은 발코니에 설치된 가구와 외벽의 접합부 근처에 결로가 발생하여 벽이 젖은 모습이며, 그림 4는

걸레받이 표면에 결로가 발생하여 흘러내리는 모습이다.



그림 1. 결로수가 벽을 타고 흘러내림



그림 2. 가구용 목재에 발생한 곰팡이



그림 3. 가구에 인접한 부분의 결로

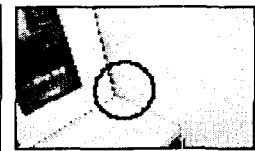


그림 4. 걸레받이에 발생한 결로

### 2. 발코니 결로방지 단일공법 선정

공동주택의 확장형 발코니에서 발생하는 결로를 억제하기 위하여 현장에 적용가능할 것으로 판단되는 4개 마감재료와 콘크리트 노출면에 대해 현장실험을 통해 결로방지 성능평가를 수행하였으며, 이를 통해 확장형 발코니 부위의 결로 관련 하자를 최소화 할 수 있는 공법을 선정하고자 한다. 벽체의 재료에 따른 표면온도 및 벽체내부 온도분포는 기존 이론에 의거하여 산출할수 있으나, 재료별 흡습성에 대해서는 실제 현장실험을 통해서만 평가가 가능한 점을 감안하여 현장실험을 수행하였다.

표 1은 측정조건 및 평가방법을 나타내며, 그림 5는 재료별 표면온도 변화를 나타낸다.

붉은색 실선으로 표시된 그래프는 실내 노점온도를 나타내며, 점선으로 표시된 그래프는 재료별 표면온도를 나타낸다. 그래프를 통해서 모든 재료의 표면온도가 실내 노점온도보다 낮음을 알 수 있다. 따라서 모든 재료에서 결로가 발생하는 조건이다.

표 3. 측정조건 및 평가방법

K 아파트	
측정일시	1월 10~11일
장 호	시스템 창호
마 감	수성 페인트 마감
외기온(평균)	-3℃
측정대상 (마감상태)	Case 1 : 아이소핑크+석고보드(수성 페인트) Case 2 : 단열 물탈1(수성 페인트) Case 3 : 걸로방지 페인트(자체 마감) Case 4 : 단열물탈2(수성 페인트) Case 5 : Conc. 노출면(수성 페인트)
평가 항목	실내외 온도, 표면온도, 표면상태
표면상태 평가방법	표면의 상태에 따라 5개 등급으로 구분 1 : 육안과 손을 통해 습기를 느낄 수 없음 2 : 손을 통해서만 습기를 느낄 수 있음 3 : 손을 통해 결로 확인 4 : 육안으로 결로 확인 5 : 걸로수가 흘러내림
측정장비	Data Logger(T type 열전대) TVS(Thermal Video System) 온습도계

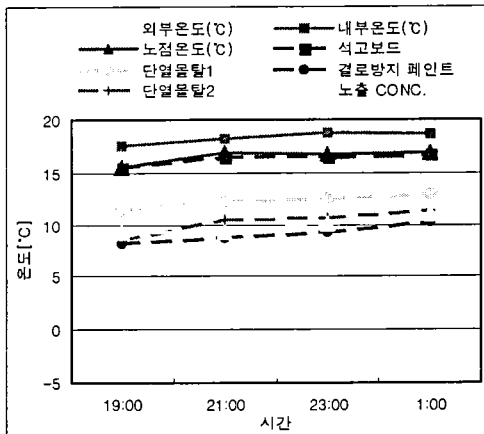


그림 5. 실험이 진행되는 동안의 재료별 표면온도

표 4. 측정결과

시 간	14:30	18:00	21:00	23:00	01:00	03:00	비 고	
외 부 온 도(℃)	-1.5	-2.6	-3.3	-3.1	-3.7	-2.9		
내 부 온 도(℃)	12.5	17.5	18.2	18.8	18.6	17.9		
내 부 습 도(%)	85	88	92	88	90	96		
노 점 온 도(℃)	10.1	15.5	16.9	16.8	16.9	17.3	실내공기의 노점온도	
Case 1	표면온도	11.1	15.5	16.5	16.4	16.7	17.5	
	표면상태	1	1	1	1	1	2	
Case 2	표면온도	7.0	11.5	12.3	12.4	12.9	14.3	
	표면상태	1	2	2	2	2	2	
Case 3	표면온도	3.8	8.2	8.7	9.3	10.2	10.8	
	표면상태	2	3	3	4	4	4	
Case 4	표면온도	4.8	8.5	10.5	10.6	11.3	12.7	가습 진행에따라 강도결함발생 (곰팡)
	표면상태	1	2	2	2	2	2	
Case 5	표면온도	4.4	9.2	9.3	10.1	11	11.9	습기의 영향으로 표면색 변화
	표면상태	1	2	2	2	2	2	

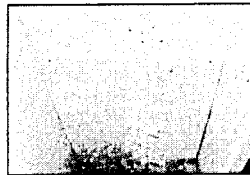


그림 6. 가습 후 모습 (Case 1)



그림 7. 가습 후 모습 (Case 2)

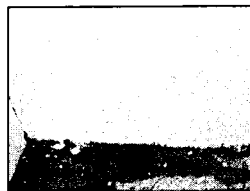


그림 8. 가습 후 모습 (Case 3)

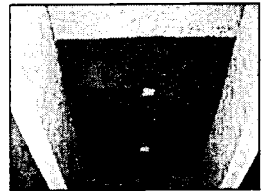


그림 9. 가습 후 모습 (Case 4)

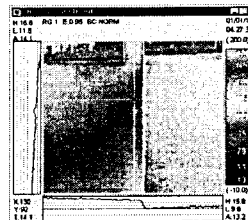


그림 10. Case 1과 Case 2의 열화상측정 결과

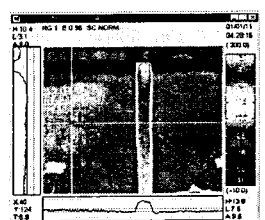


그림 11. Case 3과 Case 4의 열화상측정 결과

표 2는 시간대별 실내의 온습도, 재료표면온도 및 재료의 표면상태를 나타낸다.

표 2와 같이 1월 10일 18시경 표면온도가 가장 높은 Case 1을 포함한 모든 마감재료의 표면온도가 실내공기의 노점온도 이하로 떨어졌으며, Case 1과 Case 2를 제외한 모든 마감구조에서 습기가 느껴졌다.

이후 시간이 진행됨에 따라, Case 3에서는 계속해서 결로가 발생하였으며, Case 5에서는 습기가 느껴지는 정도가 일정하게 유지되었다. Case 4에서는 실험종료시까지 계속해서 습기가 느껴졌고, 23시 이후에는 심각한 강도결함을 보였다.

21시경 Case 2의 표면에서 습기가 느껴졌고, 1월 11일 1시경 결로가 발생하기 시작했다. Case 2는 표면온도가 Case 1 다음으로 높게 나타나 단열성이 좋은 것으로 판단되며, 결로 방지 성능도 다른 평가대상에 비해 우수한 것으로 판단된다.

Case 1에서는 3시경 비로소 습기가 느껴지기 시작하였으며, 평가대상 중 표면결로방지 성능이 가장 우수한 것으로 판단되며, 표면온도 또한 타 재료에 비해 최고 8℃정도 높게 나타나 단열성 또한 우수한 것으로 판단된다.

그림 6~그림 9는 각 재료별 가습 후의 사진이다. 그림 6의 Case 1은 손으로 만졌을 때 일부 눅눅함이 느껴졌으나 결로수가 묻어나지는 않았다. 그림 7의 Case 2는 습기로 인해 색깔이 진해지긴 했으나 손으로 만졌을 때 결로수가 묻어나지는 않았다. 그림 8~그림 9는 Case 3과 Case 4의 가습 후의 사진이며, 하부에 결로수가 흘러내리고, 일부 결빙이 있음을 알 수 있다.

그림 10과 그림 11은 실험대상재료를 적외선 촬영한 것이다. 붉은색이 고온, 푸른색이 저온을 나타내는데, Case 1의 온도가 가장 높고 다음으로 Case 2의 온도가 높은 것을 알 수 있다.

그림 5의 실험상황으로 판단할 때, 모든 재료에서 결로가 발생할 것으로 판단되나 단열몰탈 2와 석고보드에서는 결로가 거의 발생하지 않았고, 일부구간에서 습기가 느껴지는 정도였다. 이는 재료의 흡습기능으로 인해, 재료가 습기를 보유하고 있기 때문인 것으로 판단된다.

실험결과에 따른 각 재료별 단열성능을 우수한 순으로 나열하면 다음과 같다.

Case 1→Case 2→Case 4→Case 5→Case 3

결로 방지성능 평가결과를 우수한 순으로 나열하면 다음과 같다.

Case 1→Case 2→Case 5→Case 4→Case 3

#### 4. 발코니 확장부위의 열쾌적 검토

발코니 확장시의 냉기류/냉복사 평가를 위해 평가지표로 PMV(Predicted Mean Vote)값을 사용하였다. 평가도구로는 영국 University of Reading에서 개발한 VORTEX 3.1 Version을 사용하였다.

평가조건으로는 겨울철 실내의 온습도 조건으로 한정하였고, 겨울철 외기조건은 -11℃로 설정하고 실내공간은 바닥복사난방으로 설정하였다. 평가대상 공간의 크기는 6m×6m ×2.4m (W×D×H)로 설정하였다.

표 3은 냉기류/냉복사 영향 검토를 위한 경계조건을 나타낸다. 표 4는 평가대상 공간의 열쾌적지표(PMV) 산출결과이고, 그림 12~그림 15는 열해석을 통한 PMV 산출결과이며 확장부위의 PMV가 낮게 나타나는 것을 알 수 있다.

표 5. 냉기류/냉복사 영향 검토를 위한 경계조건

	세 부 조 건	비 고
실내외 기후 조건	<ul style="list-style-type: none"> <li>외기온: -11℃</li> <li>외부풍속: 6m/s</li> <li>실내습도: 40%</li> <li>바닥온도: 31℃</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>외표면열전달계수 : 30[kcal/m<sup>2</sup>h℃]</li> <li>내표면열전달계수 : 8[kcal/m<sup>2</sup>h℃]</li> <li>확장구간 : 외벽으로 1.5m</li> </ul>
외부 벽체 구성	<ul style="list-style-type: none"> <li>전면 창호</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>24mm 복층유리의 열관류율 : 2.4[kcal/m<sup>2</sup>h℃]</li> <li>24mm로 이복층 유리의 열관류율 : 1.5[kcal/m<sup>2</sup>h℃]</li> </ul>
재실자 조건	<ul style="list-style-type: none"> <li>활동량: 1.0 met</li> <li>착의량: 0.8 clo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>활동량은 앉아있는 상태 기준</li> </ul>

표 6. 평가대상 공간의 열쾌적지표(PMV) 산출결과

해석 Case	수직 0.5m Level		수직 1.2m Level	
	외벽 0.5m 부근	실중양	외벽 0.5m 부근	실중양
24mm 복층유리	-1.02 ~-0.85	-0.03 ~-0.05	-1.00 ~-0.85	-0.034 ~-0.05
24mm로이 복층유리	-0.72 ~-0.52	0.09 ~0.16	-0.70 ~-0.49	0.09 ~0.16

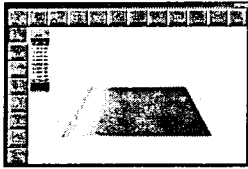


그림 12. PMV산출결과 (24mm 복층유리, 0.5m)

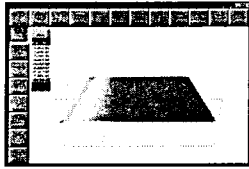


그림 13. PMV산출결과 (24mm 복층유리, 1.2m)

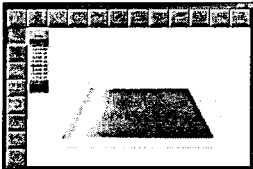


그림 14. PMV산출결과 (24mm 로이유리, 0.5m)

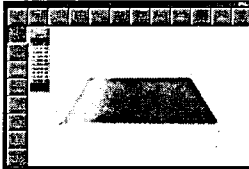


그림 15. PMV산출결과 (24mm 로이유리, 1.2m)

해석 대상 공간의 PMV 산출결과 모든 Case 의 실중양에서는 PMV 값이 -0.5~+0.5의 범위에 들어 쾌적한 것으로 나타났다. 그러나 외벽에서 0.5m 떨어진 지점에서는 수직 0.5m와 1.2m 높이에서 PMV 값이 -1정도로 나타나 열적 불쾌감을 초래할 우려가 있는 것으로 나타났다. 또한 일반복층유리는 로이복층유리에 비해 열적 불쾌감이 더 큰 것으로 나타났다.

## 5. 발코니 확장부위 열환경 향상 방안

발코니 확장부위의 열환경 향상을 위해 외부 창호의 하부에 컨벡터를 설치하는 방안을 적용하여 보았다.

그림 16은 창호 하부에 컨벡터가 설치된 현황(길이 : 3.5m)을 나타내었으며, 그림 17은 컨벡

터 내부를 나타냈다. 설치된 컨벡터의 제원은 표 5와 같다.

그림 18은 컨벡터 상부를 TVS(Thermal Video System)으로 측정한 결과이며, 그림 19는 거실의 전면 창호의 TVS 측정결과이다. TVS 측정결과 컨벡터에서 가까운 하부의 유리 및 샷시의 표면온도가 상부보다 높게 나타나는 것을 알 수 있다.

그림 20은 컨벡터 운전 여부에 따른 유리표면의 온도분포를 나타낸다. 유리 표면의 온도는 낮시간의 경우 일사의 영향에 의해 유리의 표면온도가 45℃까지 상승하는 것을 볼 수 있다. 컨벡터 운전시에는 하부 유리의 표면온도가 20℃ 정도로 나타났으며 상부 유리의 표면은 16℃ 정도로 나타났다. 그러나 컨벡터 정지시에는 상부 유리와 하부유리의 온도분포가 같게 나타났으며 표면온도 11℃까지 낮아지는 것으로 나타났다. 따라서 컨벡터 정지시에는 유리표면 온도에 따라 결로발생의 우려도 존재한다.

그림 21은 컨벡터 운전 여부에 따른 실내 열쾌적도를 나타낸다. 컨벡터 운전시에는 실내의 PMV는 0.5~0.5사이에 분포하고 PPD는 10% 이하의 값을 보여 실내 열환경이 우수한 것으로 나타났으나 정지시에는 PMV가 -1까지 떨어지고 PPD가 40%까지 높아지는 것으로 나타나 재실자가 추위를 느낄 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 컨벡터 설치에 의한 실내 열환경 개선에 효과가 있을 것으로 판단된다.

표 7. 컨벡터의 제원

Tube Size	Fin Size	Fin's/m	열용량
∅22	64×64	212	$\Delta T \times 10.5$ [kcal/h · m]

\*  $\Delta T$ =평균온수온도-실내온도

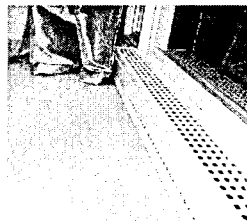


그림 16. 컨벡터 설치



그림 17. 컨벡터 내부

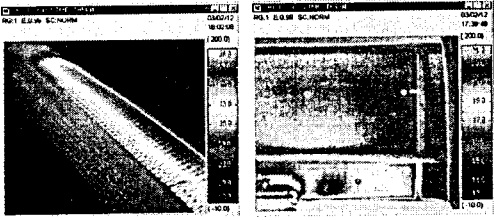


그림 18. TVS 측정결과 (컨버터 상부)

그림 19. TVS 측정결과 (거실의 전면 창호)

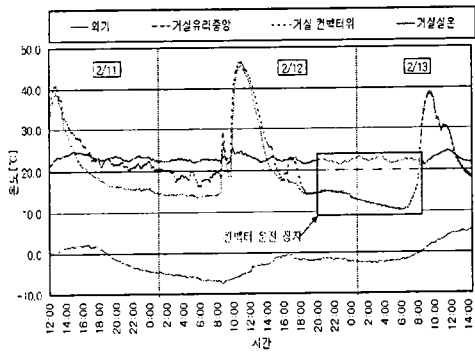


그림 20. 컨버터 운전 여부에 따른 유리표면 온도분포

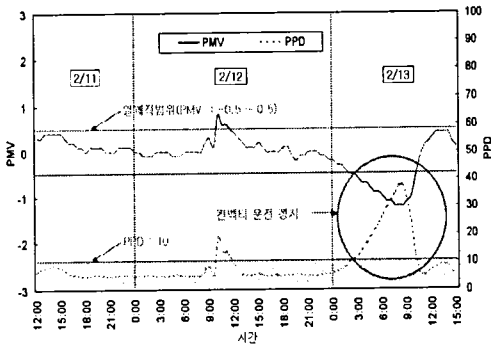


그림 21. 컨버터 운전 여부에 따른 실내 열쾌적도

#### 4. 결 론

공동주택 발코니의 열환경 개선을 위한 연구의 결과는 다음과 같다.

1) 발코니 결로방지를 위한 실험 결과, 각 재료별 단열성능을 우수한 순으로 나열하면 다음과 같다.

석고보드 → 단열몰탈1 → 단열몰탈2 → 노출 Con'c → 결로방지페인트

2) 발코니 결로방지를 위한 실험 결과, 각 재료별 결로방지성능을 우수한 순으로 나열하면 다음과 같다.

석고보드 → 단열몰탈1 → 노출 Con'c → 단열몰탈2 → 결로방지페인트

3) 발코니 확장부위의 열쾌적 해석결과, 실중양에서는 PMV 값이 -0.5~+0.5의 범위에 들어 쾌적한 것으로 나타났으나, 외벽에서 0.5m 떨어진 지점에서는 -1정도로 나타나 열적 불쾌감을 초래할 우려가 있는 것으로 나타났다.

4) 발코니 확장부위의 열환경 향상을 위해 외부 창호의 하부에 컨버터를 설치하면 실내 열환경 개선에 효과가 있는 것으로 나타났다.

#### 참 고 문 헌

1. 대림산업(주) 기술연구소, 에너지절약형 온돌난방시스템 개발에 관한 최종보고서, 산업자원부, 1998.
2. 명현국, 실내 온열환경 평가지표, 공기조화 냉동공학 제21권 제4호, 1992.
3. 한윤호, 이중우, 열환경의 쾌적범위에 관한 연구, 대한건축학회논문집 4권 4호, 1988.
4. J.N. Chalkley, 1968, Thermal Environment : for the student of architecture, The Architectural Press : London.