Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering
Vol. 26, No. 4 (2014), pp.169-174
http://dx.doi.org/10.6110/KJACR.2014.26.4.169

제습기 설치 위치에 따른 공동주택 지하 엘리베이터홀의 결로 저감 연구

Condensation Reduction Study of an Apartment Underground Elevator Hall with respect to Dehumidifier Locations

박종준(Jong-Jun Park)[1], **김영일**(Young-Il Kim)[2†], **김종엽**(Jong-Yeob Kim)[3], **김길태**(Gil Tae Kim)[3]
[1]서울과학기술대학교 에너지환경대학원, [2]서울과학기술대학교 건축학부, [3]한국토지주택공사 토지주택연구원
[1]*Graduate School of Energy and Environment, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 139-743, Republic of Korea*
[2]*School of Architecture, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 139-743, Republic of Korea*
[3]*Environment Energy Research Group, Land and Housing Institute, Daejeon 305-731, Republic of Korea*

(Received January 31, 2014; revision received February 28, 2014; Accepted: March 2, 2014)

Abstract Computational fluid dynamics simulation of an apartment underground elevator hall has been carried out to study the effect of dehumidifier locations on condensation problem. In Case 1, horizontal position of humidifier is studied. It is installed at entrance, center or the inside of the elevator hall. In Case 2, installation height is studied, one at 0 m and the other at 1.6 m above the floor. In Case 3, exposed and embedded dehumidifiers are compared for performance. The study shows that the entrance, top and exposed locations are more effective in reducing condensation.

Key words Dehumidifier(제습기), Condensation(결로), Humidity(습도), Elevator hall(엘리베이터홀), Apartment (공동주택), Location(위치), Computational Fluid Dynamics(CFD)(전산유체역학)

† Corresponding author, E-mail: *yikim@seoultech.ac.kr*

1. 서 론

국내 공동주택은 입주자의 삶의 질 향상과 쾌적한 주거환경 요구에 따라 지상공간을 주차 공간 대신 녹지 및 커뮤니티 공간으로 주로 계획한다. 이로 인해 주차장은 지하에 설계되며, 세대당 자동차 보유 대수의 증가로 지하주차장의 면적이 매년 증가되는 추세에 있다. 또한, 지하주차장과 아파트 지하층이 서로 연결되어 지하공간의 면적이 확대되고 입주민의 통행이 급증함에 따라 쾌적한 환경이 요구되고 있다. 그러나 지하공간은 단열과 환기 부족으로 결로가 발생하고, 이로 인한 마감재의 손상과 미관저해로 입주자의 불쾌감을 유발하고 건강에 악영향을 미치고 있다.

반면 지하공간에 대한 세부적인 단열규정은 미비한 실정으로 현 법규 규정을 준수하여 단열시공을 하더라도 지중온도와 지하공간의 온도 및 습도에 의하여 여름철 주차장 외벽 및 계단실 부위의 결로 발생을 피하기 어려운 것이 현실이다.

공동주택 지하공간 엘리베이터홀의 결로 발생을 감소시키기 위하여 제습기가 설치되는데 본 연구에서는 제습기의 설치 위치가 결로 현상에 미치는 영향을 파악하고자 측정과 수치해석을 활용하여 연구를 수행하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 결로의 발생

공기 중에는 수증기가 존재하는데 온도가 감소하면 이 수증기가 응축되면서 결로가 발생하기 시작한다. 이때의 온도를 노점온도(dew point temperature)라고 부르며, 노점온도 이하로 되는 순간부터 결로가 발생하기 시작한다.

2.2 결로의 대응 방안

결로는 마감재와 단열재의 손상, 미관저해, 그리고 박테리아 번식에 따른 질병 발생 등 건강에 악영향을

끼치므로 결로를 방지해야 한다. 다음은 대표적인 결로 방지 방안이다.[1]

2.2.1 제습

공기의 습도를 낮추는 방법으로 Fig. 1의 ① 과정과 같이 공기 중의 수증기를 제거하여 노점온도를 낮춤으로서 결로를 방지한다.

2.2.2 난방

난방을 하면 구조체와 내부 표면의 온도가 증가하므로 결로 방지에 효과적이다.

2.2.3 환기

환기는 외부의 건조한 공기를 도입하고 실내의 습한 공기를 제거하여 실내의 결로를 감소시킨다. 결로를 예방할 수 있는 일반적인 방법 중 하나이지만 실내보다 외부가 다습할 경우(예, 우기시) Fig. 1와 같이 실내온도와 상대습도의 상승으로 결로의 발생을 증가시킬 수도 있다.

2.3 수증기 포화압력

수치해석에서 습도 계산을 위해 수증기 포화압력이 필요한데 Buck[2]의 상관식을 사용한다.

$$P_s = 611.21\, e^{\frac{\left(18.678-\frac{t}{234.5}\right)t}{(257.14+t)}} \tag{1}$$

이 식에서 P_s는 포화수증기압(Pa), t는 섭씨온도(℃)이다. 상대습도(ϕ)는 식(2)로 정의된다.

$$\phi = \frac{P_w}{P_s} \tag{2}$$

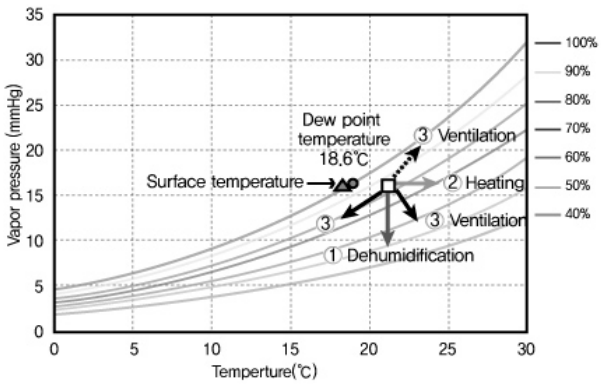

Fig. 1 Dehumidification processes in psychrometric chart.

이 식에서 P_w는 수증기분압(Pa)이다.[3]

3. 엘리베이터홀의 온도 및 습도 측정

안양에 위치한 A현장에서 하계 결로 발생 빈도가 높은 시기인 8월 중 하루의 외기, 엘리베이터홀, 주차장의 온도의 실측값은 Fig. 2와 같다.[4]

절대습도 측정값은 Fig. 3에서 보여주고 있다. 18시 엘리베이터홀의 절대습도는 0.01882 kg/kg이며 이 때 유입되는 주차장 공기의 절대습도는 0.01967 kg/kg이다. 엘리베이터홀 내부는 습한 상태이지만 지하주차장에서 더 다습한 공기가 유입되면서 결로 현상은 더욱 불리한 상태가 된다.

3.1 엘리베이터홀

엘리베이터홀은 바닥과 벽면 등이 지중 땅과 접해 있어서 구조체의 표면이 다른 부위에 비해 온도가 낮으며 환기가 적절하게 이루어지지 않으면 결로가 발생할 수 있다. 또한 환기장치를 설치해도 여름철 다습한 외기의 도입되면 오히려 습도가 증가하는 경우가 생긴다.

결로가 발생한 A현장의 여름철 하루를 택하여 실내온도와 습도를 측정하였으며 Table 1에 그 값을 정리하였다. 실내온도와 상대습도의 최대값은 26.4℃, 86.4%이다.

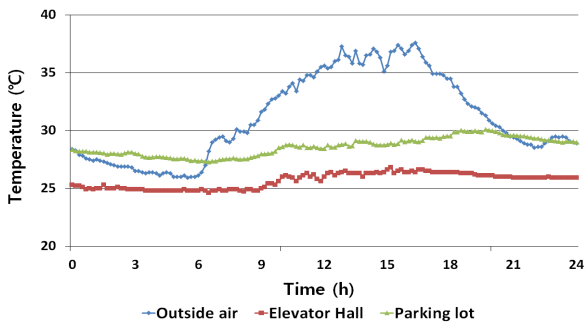

Fig. 2 Temperature measurement.

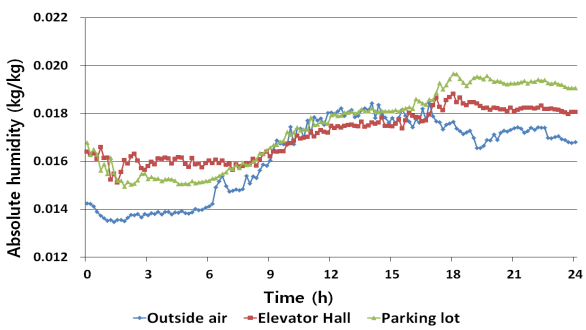

Fig. 3 Absolute humidity measurement.

ⓒ SAREK

Table 1 Temperature and humidity of elevator hall

	Temperature (℃)	Relative humidity (%)	Absolute humidity (kg/kg)
Avg.	25.6	82.1	0.01709
Max	26.4	86.4	0.01882
Min	25.3	74.5	0.01511

Table 2 Temperature and humidity of parking lot

	Temperature (℃)	Relative humidity (%)	Absolute humidity (kg/kg)
Avg.	28.6	70.2	0.01741
Max	29.5	75.2	0.01967
Min	28.0	63.7	0.01519

3.2 지하주차장

지하주차장의 외벽 및 바닥은 지중에 면해 있으며 이 구조체는 지중 온도의 영향을 받고 있다. 차량의 출입구를 통해 외기가 유출입되므로 실내 공기는 이의 영향을 받는다. 구조체의 온도가 낮고 비가 내리는 경우 습도가 높은 외기가 유입되어 바닥 표면 및 벽면에서 결로 발생이 심화된다.

A현장의 지하주차장 온도와 습도 측정값은 Table 2와 같다. 지하주차장 내부온도와 상대습도의 최대값은 29.5℃, 75.2%이다. 지하주차장의 절대습도는 엘리베이터홀보다 약간 높으나 자동차 배기가스의 영향으로 온도가 상승하여 상대습도는 낮은 값을 보인다.

4. 시뮬레이션

4.1 수치해석

본 연구에서는 지하주차장 엘리베이터홀의 열환경을 분석하기 위해 상용 소프트웨어인 STAR -CCM+를 사용하여 3차원 정상상태로 가정하여 수치해석을 수행하였다. 수치해석 계산시 사용된 지배방정식은 유한체적법으로 이산화되었으며 난류 모델링으로는 k-ε 모델을 사용하였다.

공동주택 지하주차장 엘리베이터홀은 Fig. 4와 같으며 이 도면을 근거로 시뮬레이션 모델링을 실시하였다. 수치해석을 위한 격자는 Fig. 5와 같이 trimmer로 구성하였으며, 총 130만 개의 격자가 사용되었다. Fig. 5에 입구 및 출구 위치와 각각의 누설면적과 유속을 나타내었다. 제습기의 토출구는 30 cm×15 cm, 풍량은 5.5 CMM으로

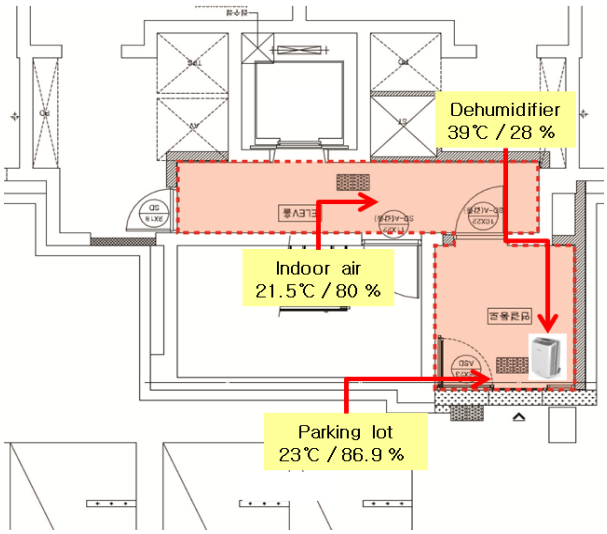

Fig. 4 Layout and air conditions of an elevator hall.

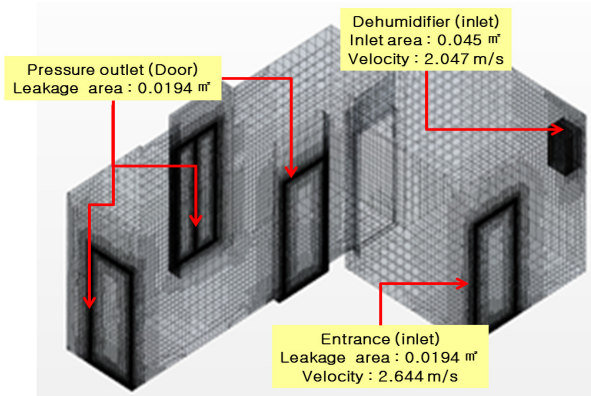

Fig. 5 Mesh of an elevator hall.

가정하였다. 본 시뮬레이션에서 사용된 물리적 조건은 Table 3과 같다. Table 4와 같이 수직벽, 바닥, 천장 벽의 온도 조건은 측정값의 평균값으로 가정한다.

4.2 시뮬레이션 분석

측정된 온도 및 습도 데이터 중 가장 불리한 상태를 유입 공기의 경계조건으로 하여 Table 5와 같이 여러 조건을 설정하여 제습기 설치 위치에 따른 결로 특성을 분석하고자 수치해석을 실시하였다. Case 1에서 높이는 바닥으로부터 1.6 m로 고정하고, 제습기의 수평적 설치 위치는 엘리베이터홀의 입구, 중간, 가장 안쪽의 3가지 경우에 대하여 비교하였다. Case 2에서는 높이에 따른 비교로, 하나는 높이 1.6 m, 다른 것은 높이 0 m이다. Case 3은 노출형과 매립형 제습기를 비교하였다.

Table 3 Simulation physical condition

Subject	Physical condition
Turbulence model	Standard k-ε high Reynolds
Time	Steady
Fluid	Dry air+water vapor
Flow	Segregated flow
Reaction regime	Non-reacting

Table 4 Surface temperature

Subject	Temperature(℃)
Wall(top)	20.7
Wall(bottom)	18.5
Floor	18.9
Ceiling	21

Table 5 Dehumidifier locations

Case	Dehumidifier locations
1	Elevator hall entrance
	Elevator hall center
	Elevator hall inside
2	Top(1.6 m above the floor)
	Down(0 m above the floor)
3	Exposed
	Embedded

4.3 시뮬레이션 결과

4.1.1 Case 1

Case 1에서는 제습기 위치를 그림 Fig. 6과 같이 엘리베이터홀 입구, 중간 그리고 안쪽에 위치시켜 시뮬레이션을 실시하였다.

벽 표면의 절대습도 분포는 Fig. 7과 같으며 시뮬레이션 결과를 노점온도 18℃(절대습도 0.01292 kg/kg)와 19℃(절대습도 0.01378 kg/kg)를 기준으로 표시하였다. 벽면은 노점온도에 해당하는 절대습도보다 높을 경우 결로 발생이 예상된다. Fig. 7에서 보는 바와 같이 엘리베이터홀 입구에 제습기를 설치하는 것이 결로 저감에 가장 유리한 것으로 확인할 수 있다.

4.1.2 Case 2

공간 활용 편의성과 파손 우려 등의 이유로 제습기는 주로 상부에 설치하게 되는데 제습기를 하부에 설치하였을 때와 결로 비교를 Fig. 8에 나타내었다. 제습기의 토출 공기의 온도가 39℃로 높아 부력 효과에 의해 기류는 상부로 향하므로 제습기는 하부에 설치하는 것이 유리함을 알 수 있다. 제습기 하부 설치 기준으로 벽면 온도를 18℃에서 19℃로 증가시킬 경우 결로 바닥 면적은 83.3%가 감소된다. 벽체의 온도를 높이면 결로 저감에 큰 효과가 있음을 확인할 수 있다.

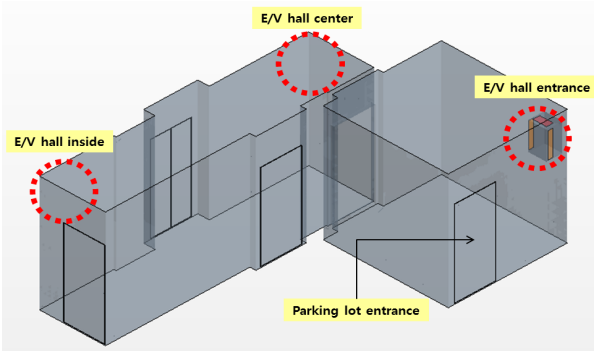

Fig. 6 Dehumidifier locations of Case 1.

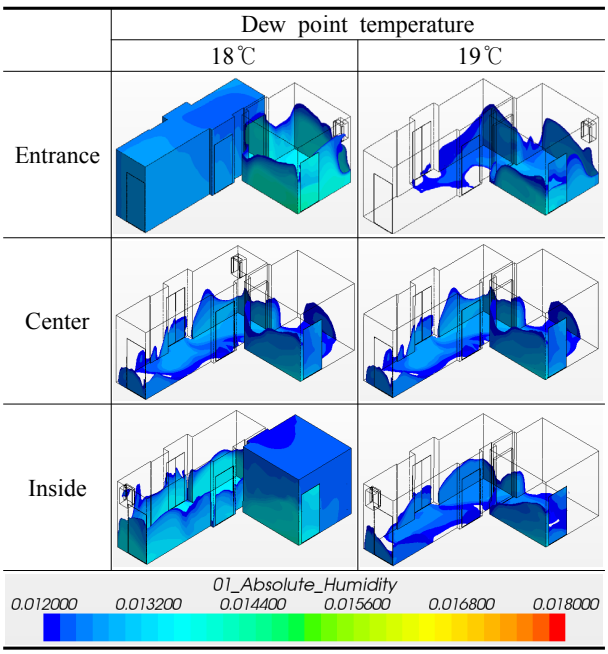

Fig. 7 Absolute humidity of Case 1.

제습기 상하부 설치 위치에 따른 온도 및 기류 분포는 Fig. 9에서 확인할 수 있으며 제습기 상부 설치의 경우 평균 온도 24.9℃, 평균 유속 0.124 m/s이며, 하부의 경우 평균 온도 26.7℃, 평균 유속 0.135 m/s이 된다. 하부 설치의 온도와 풍속이 높으므로 하부에 설치하는 것이 상부보다는 유리함을 확인하였다.

4.1.3 Case 3

일반적으로 제습기는 노출시키지만 기계장비의 노

ⓒ SAREK

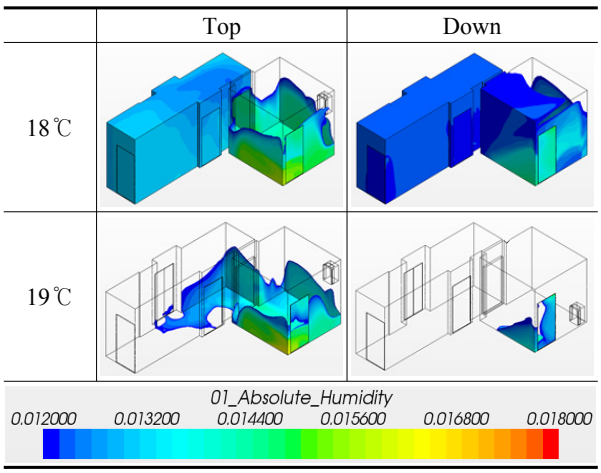

Fig. 8 Absolute humidity of Case 2.

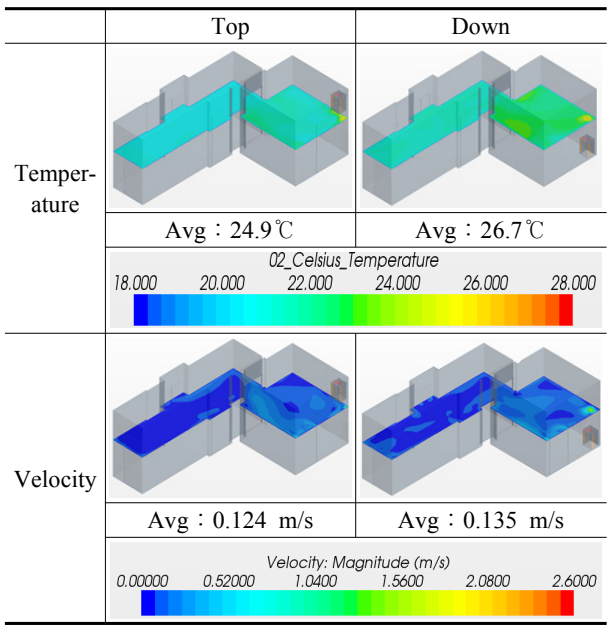

Fig. 9 Temperature and velocity of Case 2 (Height 1.5 m).

출에 대한 거부감, 공간 활용성, 제습기의 파손 우려, 소음 감소 등의 이유로 별도의 공간을 구획하여 제습기를 매립하였을 경우 제습 성능을 비교분석하였다.

노점온도 18℃, 19℃에 해당하는 절대습도 이상이 되는 절대습도 분포를 Fig. 10에 나타내었다. 매립형의 경우 매립 공간에서 제습기에서 토출된 공기가 하부의 취출구로 나가는 것이 어려워 토출된 건조 공기가 제습기로 재유입되는 현상이 나타났다. 노출형의 경우 평균유속이 높아 벽체 표면에 결로 발생을 억제하고 토출된 건조 공기를 보다 원활하게 실내로 급기할 수 있어 유리하다.

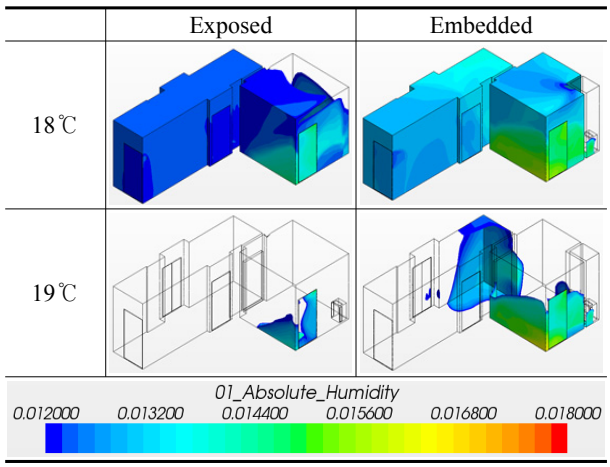

Fig. 10 Absolute humidity of Case 3.

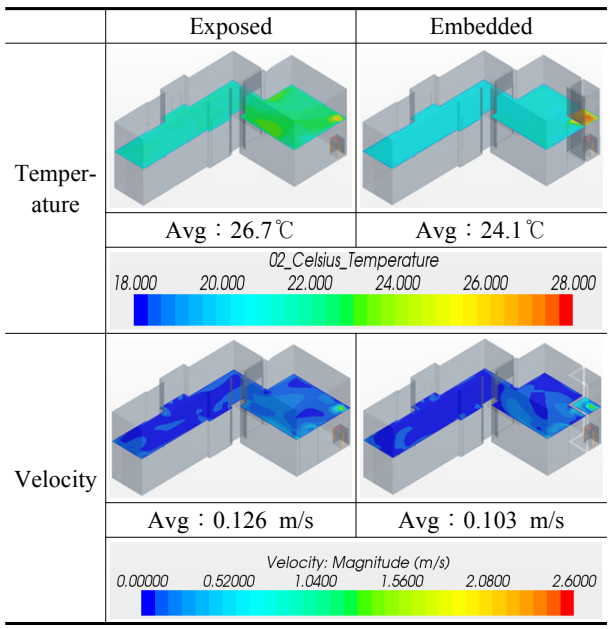

Fig. 11 Temperature and velocity of Case 3 (Height 1.5 m).

온도 및 기류 분포를 Fig. 11에 나타내었다. 노출형의 경우 평균 온도 26.7℃, 평균 유속 0.126 m/s, 매립형의 경우 평균 온도 24.1℃, 평균 유속 0.103 m/s으로 노출형이 결로 저감에 유리하다.

5. 결 론

본 연구에서는 지하주차장 엘리베이터홀 내 제습기 설치 위치에 따른 결로 현상과 실내 온도 및 습도에 대한 영향을 알아보고자 3차원 Reynolds-averaged Navier-Stokes(RANS) 수치해석을 수행하여 다음과 같은 결론

을 얻었다.

(1) 제습기 수평적 설치에 따른 Case 1 분석에서 다습한 공기가 유입되는 입구 위치에 제습기를 설치하였을 때 결로 저감에 가장 유리하였다.

(2) 제습기 수직적 설치에 따른 Case 2 분석시 하부(높이 0 m) 설치가 유리하였으며 이 때 높이 1.5 m 기준 평균온도는 1.8℃가 높았으며, 기류분포는 0.015 m/s가 더 높은 것을 확인하였다.

(3) Case 2의 결과에서 제습기를 하부에 설치하면 벽체 온도가 18℃에서 19℃로 1℃ 상승하면 결로 바닥 면적이 83.3% 감소되어 벽면의 온도 상승이 결로 저감에 유리함을 알 수 있다.

(4) 노출형과 매립형을 비교하는 Case 3 분석에서 노출형이 유리하였으며 이 때 높이 1.5 m 기준 온도는 2.6℃가 높았으며 기류분포는 0.023 m/s가 더 높은 것을 확인하였다.

(5) 높은 실내온도는 실내공기와 접촉하는 벽체의 표면온도를 상승시키므로 결로 방지에 효과적이다.

(6) 높은 평균속도 분포는 벽체 표면에 결로 현상을 억제하고 증발효과를 상승시키며 제습기에서 토출된 건조 공기를 실내에 고르게 분포시킬 수 있으므로 결로 방지에 효과적이다.

후 기

이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비(일부)지원으로 수행되었습니다.

Reference

1. Hong, G. P., 2010, Anti-condensation status and countermeasures of underground space, Journal of Ssangyoung Construction Technology in Korea, Autumn, Vol. 56, pp. 54-57.
2. Buck, A. L., 1981, New equations for computing vapor pressure and enhancement factor, J. Applied Meteorology, Vol. 20, pp. 1527-1532.
3. Han, D. G., 2013, Estimation of Dew Condensation on FAC by Humidity Analysis, Journal of the SAREK Summer Annual Conference, pp. 50-54.
4. Moon, C. Y., 2005, A Study on the Anti-condensation Method on the Wall and Floor of Underground Space in Apartment Buildings, Journal of Lotte Construction Technical Research in Korea, Vol. 51, pp. 30-38.

ⓒ SAREK