

실내 빙상장 및 부대시설에 데시칸트 제습기 적용

박 승 태, 최 세 영[†], 방 영 석

(주)에이티이엔지

Application of Desiccant Dehumidifier on Ice-rink and Subsidiary Facilities

Seung-Tae Park Lee, Se-Young Choi[†], Young-Seok Bang

Air-Tech Engineering Co., Ltd, Seongnam 462-806, Korea

ABSTRACT: The number of domestic ice-rink is little by little increasing recently. Therefore, the demand for air-conditioning system to adjust adequately the indoor condition of ice-rink is constantly increasing. But, if air-conditioning system for ice-rink isn't designed properly, the problems such as fogging, ice surface condensation, structural deterioration, odors, generation of dew condensation on the surface of a wall occur. The solutions for these problems are to lower the relative humidity of indoor. The objectives of this paper is to apply of desiccant dehumidifier on ice-rink, solve these problems.

Key words: fogging(안개 발생), condensation(응결), dew condensation(결로), desiccant dehumidifier(데시칸트 제습기)

기 호 설 명

T : 온도 [°C]
 K : 열관류율 [W/m²K]

그리스 문자

α : 표면 열전달률 [W/m²K]

하첨자

i : 내부(부대시설)
 o : 외부(빙상장)
 s : 인접 벽면

1. 서 론

최근 국민소득이 증대함에 따라 여가 활동을 즐기려는 사람들이 증가하고 있으며, 특히 동계 스포츠에 대한 관심이 높아지고 있다. 동계 스포츠로는 스키와 스케이팅이 가장 대중적으로 관심을 모으고 있는데, 이 중 스케이팅이 가장 손쉽고, 저렴하게 접근할 수 있는 대중 스포츠라 할 수 있다. 따라서, 국내에서 운영되고 있는 실내 빙상장의 수는 점점 더 증가하고 있으며, 이에 따라 실내 빙상장의 실내조건을 맞춰줄 수 있는 공조설비에 대한 수요도 꾸준히 증가하고 있는 추세다. 실내 빙상장은 하절기나 중간기 우기시에 습도와 관련된 문제들을 일으키고 있다. 수분 함유량이 비교적 높은 따뜻한 공기가 차가운 경기장 안으로 들어오면 포화상태에 가까워진다. 수분은 투습, 외기도입, 사람들로부터의 잠열부하 및 아이스 표면 승화작용으로 인해 발생하는데, 이 수분들이 응축하여 링크 위에 안개 형성, 빙상 및 건물 내에 결로 발생, 인접시설 사이에 결

[†] Corresponding author
Tel.: +82-31-777-9242; fax: +82-31-777-9240
E-mail address: cchoisy@naver.com

로 발생 등의 문제를 일으킨다. 이러한 문제들은 사용하는 공간의 상대습도를 낮춤으로써 해결할 수 있다. 습도를 낮추기 위한 방안으로는 ① 가열하여 온도를 올리는 방법, ② 냉각제습, 재열하는 방법, ③ 데시칸트 제습기를 이용하는 방법이 있는데, 본 원고에서는 기존에 설치된 냉각식 제습기와 새로 설치한 데시칸트 제습기를 이용하여 실내 결로 문제를 해결한 시공사례에 대해 설명하고자 한다.

2. 설계 개요

2.1 기존 설계조건

- (1) 건물용도 : 지하1층~지하2층 병상장, 수영장 및 부대시설
- (2) 건물위치 : 경상남도 김해
- (3) 외기조건 (기존 설계조건)

구분	건구온도 (°C)	상대습도 (%)	절대습도 (g/kg ^{dry})	엔탈피 (kcal/kg)
여름	30.7	70.4	19.7	19.4

- (4) 실내조건 (기존 설계조건)

구분	건구온도(°C)	상대습도(%)
병상장	18.0	60.0
병상장 부대시설	26.0	60.0
수영장 부대시설	26.0	60.0

- (5) 공조장비 (기존에 설치된 장비)

구분	공조장비
병상장	i) 외기공조기- 11,000CMH ii) 냉각제습기- 15RT×2대
병상장 부대시설	i) 공조기 - 26,000CMH
수영장 부대시설	i) 공조기 - 36,000CMH

2.2 실제 운전상태 및 문제점

2.2.1 실제 운전상태

구분	건구온도(°C)	상대습도(%)
병상장	6.0~8.0	90.0~95.0
병상장 부대시설	23.0~24.0	70.0~80.0
수영장 부대시설	27.5~28.5	70.0~75.0

2.1.2 각 ZONE별 문제점

구분	문제점
병상장	<ul style="list-style-type: none"> i) 실내조건이 6.0~8.0°CDB, 90~95%RH로 인접실 벽면 및 병상장 천장면에 결로 발생. ii) 천장면 결로로 인해 물 떨어짐, 얼룩 발생 및 건축구조물 부식. iii) 냉각식 제습기의 재열히터(7.5kW×4Steps) 용량대비 실제로는 전기용량 부족으로 7.5kW×1 Step 만 운전되고 있어서 충분한 재열이 이루어지지 않고, 또한 냉각코일에 적상이 생겨 충분한 제습이 이루어지지 않고 있음. iv) 외기공조기 냉각코일용량이 설계조건 대비 1/2용량으로 설치되어(60RT→30RT) 충분한 냉각감습이 이루어지지 않고, 용량부족에 따라 외기도입이 이루어지지 못하고 실내공기만 계속 재순환시켜 실내 공기질이 나빠지고, 또한 냉각코일에 적상이 발생함.
병상장 및 수영장 부대시설	<ul style="list-style-type: none"> i) 실내조건이 26°CDB, 60%RH로 설계되어 있지만, 실제 운전상태는 70%RH 이상이 되고 있고, 배기가 많아 실내에 음압이 형성되어 외부 습기 침투 등으로 습도가 유지 안됨. ii) 실내 유동인원이 많고, 습기침입이 많아 현열비가 0.7 이하인데, 별도의 재생히터가 없어서, 하절기 온도는 유지되나 습도가 높아져 결로가 발생할 우려가 있음. iii) 병상장 지하2층 인접 벽면에 결로로 인해 곰팡이, 얼룩 등이 발생하여 실내 공기질(IAQ)이 악화. iv) 병상장 지하1층 인접 유리 벽면에 결로로 인해 바닥에 물이 고여, 실내 환경을 악화시킴.

2.1.3 노점온도에 따른 결로발생 여부 계산

(1) 각 Zone별 노점온도

구분	건구온도 (°C)	상대습도 (%)	노점온도 (°C)
빙상장	7.0	90.0	5.48
빙상장 부대시설	24.0	70.0	18.19
수영장 부대시설	27.0	70.0	21.06

(2) 각 Zone별 결로발생 여부

- 지하2층 칸막이벽 열관류율(K)=2.9 W/m²K
- 지하1층 복층유리 열관류율(K)=3.3 W/m²K
- 내부 표면 열전달률(α_i) = 8.2 W/m²K

$$T_s = T_i - \frac{K}{\alpha_i} (T_i - T_o) \quad (1)$$

① 지하2층 빙상장 부대시설 결로발생 여부

$$T_s = 24^\circ\text{C} - \frac{2.9\text{W/m}^2\text{K}}{8.2\text{W/m}^2\text{K}} (24^\circ\text{C} - 7^\circ\text{C}) = 17.99^\circ\text{C}$$

< 18.19°C (빙상장 부대시설 노점온도)
∴ 벽면에 결로발생

② 지하2층 수영장 부대시설 결로발생 여부

$$T_s = 28^\circ\text{C} - \frac{2.9\text{W/m}^2\text{K}}{8.2\text{W/m}^2\text{K}} (28^\circ\text{C} - 7^\circ\text{C}) = 20.57^\circ\text{C}$$

< 22.01°C (수영장 부대시설 노점온도)
∴ 벽면에 결로발생

③ 지하1층 빙상장 부대시설 결로발생 여부

$$T_s = 24^\circ\text{C} - \frac{3.3\text{W/m}^2\text{K}}{8.2\text{W/m}^2\text{K}} (24^\circ\text{C} - 7^\circ\text{C}) = 17.16^\circ\text{C}$$

< 18.19°C (빙상장 부대시설 노점온도)
∴ 벽면에 결로발생

④ 지하1층 수영장 부대시설 결로발생 여부

$$T_s = 28^\circ\text{C} - \frac{3.3\text{W/m}^2\text{K}}{8.2\text{W/m}^2\text{K}} (28^\circ\text{C} - 7^\circ\text{C}) = 19.54^\circ\text{C}$$

< 22.01°C (수영장 부대시설 노점온도)
∴ 벽면에 결로발생

⇒ 각 Zone별 빙상장 인접실 벽면온도가 실내 노

점온도보다 낮아 벽면에 결로가 발생하고 있음.

2.3 해결방안

구분	해결방안
빙상장	i) 기존 냉각식 제습기 및 신설 데시칸트 제습기를 효율적으로 조합시켜 최적 운전. ii) 실내조건을 14±2°CDB, 60%RH 이하로 유지하여 안개 및 빙표면 응결을 줄이고, 인접실로의 결로를 최소화시킴. iii) 냉각식 제습기의 냉각코일 후단에 재열코일을 설치하는 HEAT RECOVERY 시스템으로 변경하여 충분한 재열을 함. iv) 데시칸트 제습기에 PRE-COOLER를 설치하여 외기를 충분히 냉각감습시킨 후에 고온의 로터를 통과시켜 세균류 및 미생물을 제거하여 실내 공기질을 향상시키고, 저습공기를 빙상장 외조기 및 부대시설 공조기로 보내 최적의 시스템을 구성함.
빙상장 및 수영장 부대시설	i) 실내조건을 70%RH 이하로 유지하고, 급기풍량 대비 리턴풍량을 줄여 실내에 양압을 유지시켜 외부 습기 침투를 막아 결로가 형성되는 것을 방지. ii) 데시칸트 제습기를 통해 나오는 저습의 외기 공기를 공조기로 유입시켜 실내습도를 낮춰 결로가 형성되는 것을 방지하고, 실내 공기질을 향상시킴.

2.4 냉각식 제습기 및 데시칸트 제습 적용시 운전목표

구분	건구온도(°C)	상대습도(%)
빙상장	14.0 ± 2	55.0 ± 5
빙상장 부대시설	23.0	60.0 ± 5
수영장 부대시설	27.0	60.0 ± 5

2.5 Flow digram

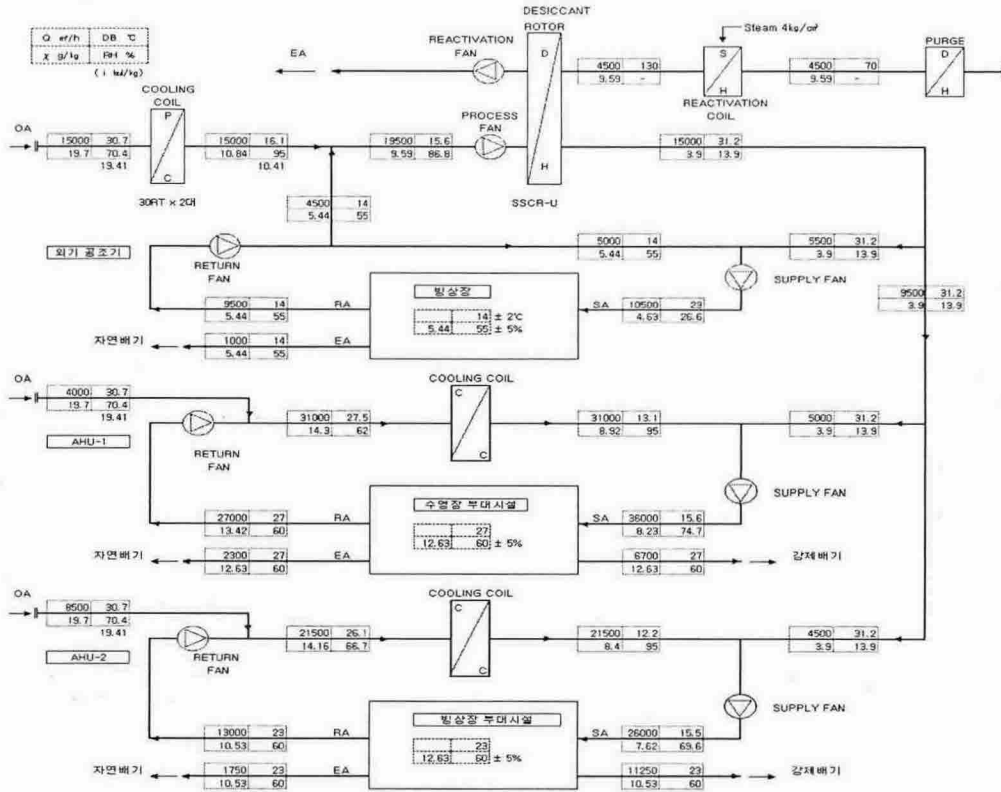


Fig. 1 Air flow diagram of ice-rink and subsidiary facilities

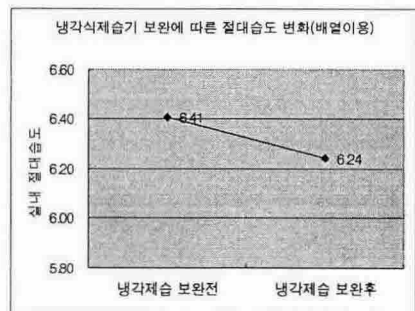
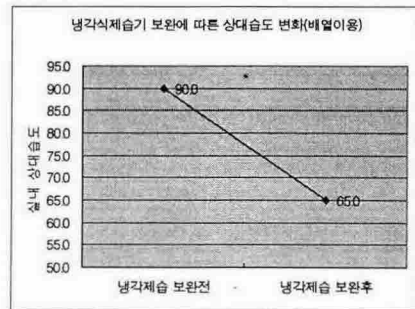
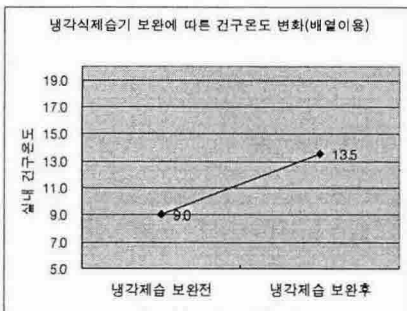
3. 냉각식 제습기 및 데시칸트 제습기 적용결과 및 고찰

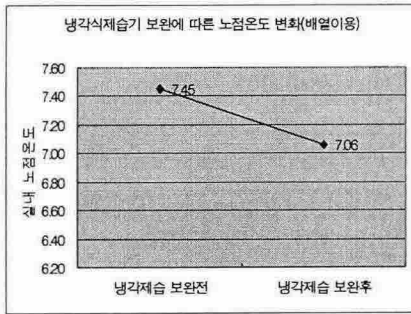
3.1 냉각식 제습기 운전시

3.1.1 냉각식 제습기 운전시 빙상장 온습도 상태

구분	건구온도(°C)	상대습도(%)
빙상장	12.5~13.5	60.0~70.0

3.1.2 냉각식 제습기 보완후 빙상장 공기 상태변화





3.1.3 빙상장 내 온습도 변화에 따른 각 ZONE별 결로발생 여부

- 지하2층 칸막이벽 열관류율(K)=2.9 W/m²K
- 지하1층 복층유리 열관류율(K)=3.3 W/m²K
- 내부 표면 열전달률(a_i) = 8.2 W/m²K

① 지하2층 빙상장 부대시설 결로발생 여부
 $T_s = 24^{\circ}\text{C} - \frac{2.9\text{W/m}^2\text{K}}{8.2\text{W/m}^2\text{K}}(24^{\circ}\text{C} - 13^{\circ}\text{C}) = 20.11^{\circ}\text{C}$
 > 18.19°C (빙상장 부대시설 노점온도)
 ∴ 벽면에 결로발생 우려가 거의 없음

② 지하2층 수영장 부대시설 결로발생 여부
 $T_s = 28^{\circ}\text{C} - \frac{2.9\text{W/m}^2\text{K}}{8.2\text{W/m}^2\text{K}}(28^{\circ}\text{C} - 13^{\circ}\text{C}) = 22.69^{\circ}\text{C}$
 > 22.01°C (수영장 부대시설 노점온도)
 ∴ 벽면에 결로발생 우려가 거의 없음

③ 지하1층 빙상장 부대시설 결로발생 여부
 $T_s = 24^{\circ}\text{C} - \frac{3.3\text{W/m}^2\text{K}}{8.2\text{W/m}^2\text{K}}(24^{\circ}\text{C} - 13^{\circ}\text{C}) = 19.57^{\circ}\text{C}$
 > 18.19°C (빙상장 부대시설 노점온도)
 ∴ 벽면에 결로발생 우려가 거의 없음

④ 지하1층 수영장 부대시설 결로발생 여부
 $T_s = 28^{\circ}\text{C} - \frac{3.3\text{W/m}^2\text{K}}{8.2\text{W/m}^2\text{K}}(28^{\circ}\text{C} - 13^{\circ}\text{C}) = 21.96^{\circ}\text{C}$
 < 22.01°C (수영장 부대시설 노점온도)
 ∴ 벽면에 결로발생

⇒ 빙상장 인접실 표면온도가 각 인접실 노점온도보다 높아져 벽면에 결로가 거의 발생하지

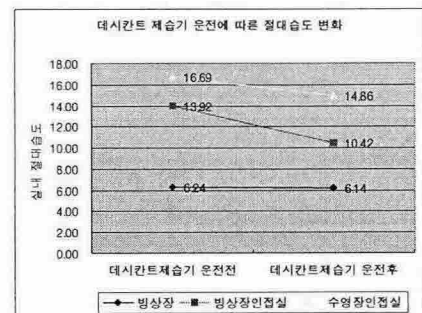
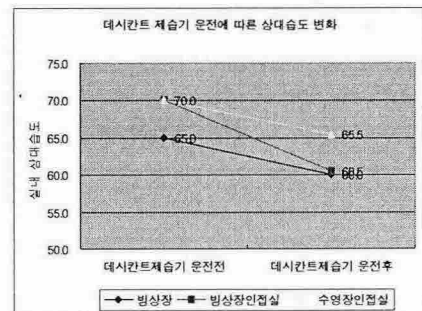
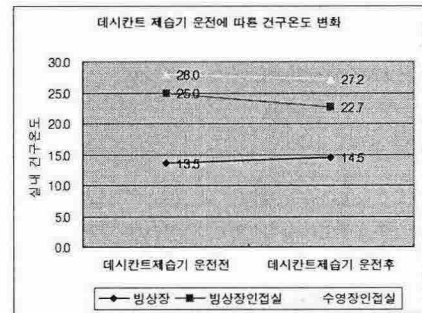
않으나, 온도편차가 크지 않아 실내 습도가 높아지면 결로가 발생할 우려가 다소 있음.

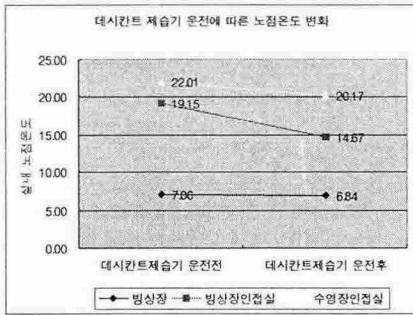
3.2 데시칸트 제습기 운전시

3.2.1 데시칸트 제습기 운전시 각 Zone별 온습도 상태

구분	건구온도(°C)	상대습도(%)
빙상장	13.5~14.5	55.0~60.0
빙상장 부대시설	22.5~23.0	60.0~65.0
수영장 부대시설	27.0~27.5	63.0~67.0

3.2.2 데시칸트 제습기 운전후 빙상장 공기 상태변화





3.1.3 빙상장 내 온습도 변화에 따른 각 ZONE별 결로발생 여부

- 지하2층 칸막이벽 열관류율(K)=2.9 W/m²K
- 지하1층 복층유리 열관류율(K)=3.3 W/m²K
- 내부 표면 열전달률(a_i) = 8.2 W/m²K

① 지하2층 빙상장 부대시설 결로발생 여부

$$T_s = 23^\circ\text{C} - \frac{2.9\text{W/m}^2\text{K}}{8.2\text{W/m}^2\text{K}} (23^\circ\text{C} - 14^\circ\text{C}) = 19.82^\circ\text{C}$$

> 16.07°C (빙상장 부대시설 노점온도)

∴ 벽면에 결로발생 없음

② 지하2층 수영장 부대시설 결로발생 여부

$$T_s = 27^\circ\text{C} - \frac{2.9\text{W/m}^2\text{K}}{8.2\text{W/m}^2\text{K}} (27^\circ\text{C} - 14^\circ\text{C}) = 22.40^\circ\text{C}$$

> 19.86°C (수영장 부대시설 노점온도)

∴ 벽면에 결로발생 없음

③ 지하1층 빙상장 부대시설 결로발생 여부

$$T_s = 23^\circ\text{C} - \frac{3.3\text{W/m}^2\text{K}}{8.2\text{W/m}^2\text{K}} (23^\circ\text{C} - 14^\circ\text{C}) = 19.38^\circ\text{C}$$

> 16.07°C (빙상장 부대시설 노점온도)

∴ 벽면에 결로발생 없음

④ 지하1층 수영장 부대시설 결로발생 여부

$$T_s = 27^\circ\text{C} - \frac{3.3\text{W/m}^2\text{K}}{8.2\text{W/m}^2\text{K}} (27^\circ\text{C} - 14^\circ\text{C}) = 21.77^\circ\text{C}$$

> 19.86°C (수영장 부대시설 노점온도)

∴ 벽면에 결로발생 없음

⇒ 빙상장 인접실 표면온도가 각 인접실 노점온도보다 높아져 벽면에 결로가 거의 발생하지 않음.

4 결론

1) 빙상장의 안개 및 빙표면 응결을 줄이기 위해서 빙상장 온도는 5~15°C, 상대습도는 60% 이하가 되도록 설계하였다.⁽¹⁾

2) 빙상장 내 공기의 건구온도와 상대습도에 따라 빙표면으로 전달되는 열전달량이 감소⁽²⁾하는데, 데시칸트 제습기 적용 이전에는 열전달량이 75%였고, 적용 후에는 열전달량이 44%로 감소하였다.

3) 실내 상대습도를 낮추는 방법에 있어서는

- ① Heating하여 온도를 올리는 방법
- ② 냉각제습하여 재열하는 방법(배열이용)
- ③ 데시칸트 제습기를 사용하는 방법

등이 있는데, 본 시공사에는 기존 냉각제습기의 실외기 배열을 실내에 이용함으로써 추가적인 에너지 비용이 발생하지 않도록 기존 설계된 것을 최대한 이용한 최적의 설계로서, ②, ③의 방법을 이용하였다.

4) 기존에 운영되는 실내 빙상장은 결로문제로 인해 실내에 곰팡이 및 세균들이 번식하여 실내 공기질(IAQ)이 악화되었지만, 데시칸트 제습기를 적용해 실내의 상대습도를 낮춰 결로문제를 해결하였고, 더불어 실내 공기질(IAQ)을 향상시켰다.

참고문헌

1. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc, 1998, Refrigeration, chap. 34.
2. Japanese Association of Refrigeration, 1993, JAR Handbook, Vol. 4, No. 9, pp. 353-364.
3. The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, 2004, SAREK Handbook, Vol. 3, No. 2, 2.4 14-2.4 25.