

Evaporative Cooling



김 병 선

· 출처 : ASHRAE Journal, October, 2000
· Suckhdev S. Mathaudhu, P.E.
(president of Mathaudhu Engineering in Riverside, Calif.)

국내에서는 증발냉각(Evaporative Cooling)은 아직까지 생소한 방식이다. 물론 우리나라의 기후에 있어서 적용하기에는 약간의 제약이 따른다. 그러나 부분적인 요소들의 응용을 통해 최적의 시스템만 디자인되면 건물의 냉·난방부하에 의한 설비시스템의 비용을 효과적으로 감소시킬 수 있다. 미국의 적용건물의 설비시스템을 통해 국내건물에 적용을 타진해보기로 한다.

캘리포니아 Victorville에 있는 Victor Valley Water District 관리시설은 자원을 효율적으로 사용하기 위한 목적으로 디자인된 환경친화건물이다. 16,700ft²(1,553m²)의 이 시설은 설비시스템의 운영에 있어서 최대 냉방부하가 소요되는 달 동안 평균 60% 이상의 에너지 절약을 보여 주었다. 또한 설비시스템 계획을 위한 다음의 목적들을 포함한다.

① California State Energy Efficiency Standards 와 ASHRAE/IESNA Standard 90.1-1989, Energy Efficient Design of New Buildings의 기준보다 총 건물에너지소비의 30%, HVAC에너지소비를 40% 감소.

- ② 냉각제의 사용을 최소로 하는 것
- ③ 실내공기 쾌적을 극대화 (IAQ)
- ④ 시스템 효율을 개선
- ⑤ 설비시스템 성능을 최적화

에너지 효율 측면

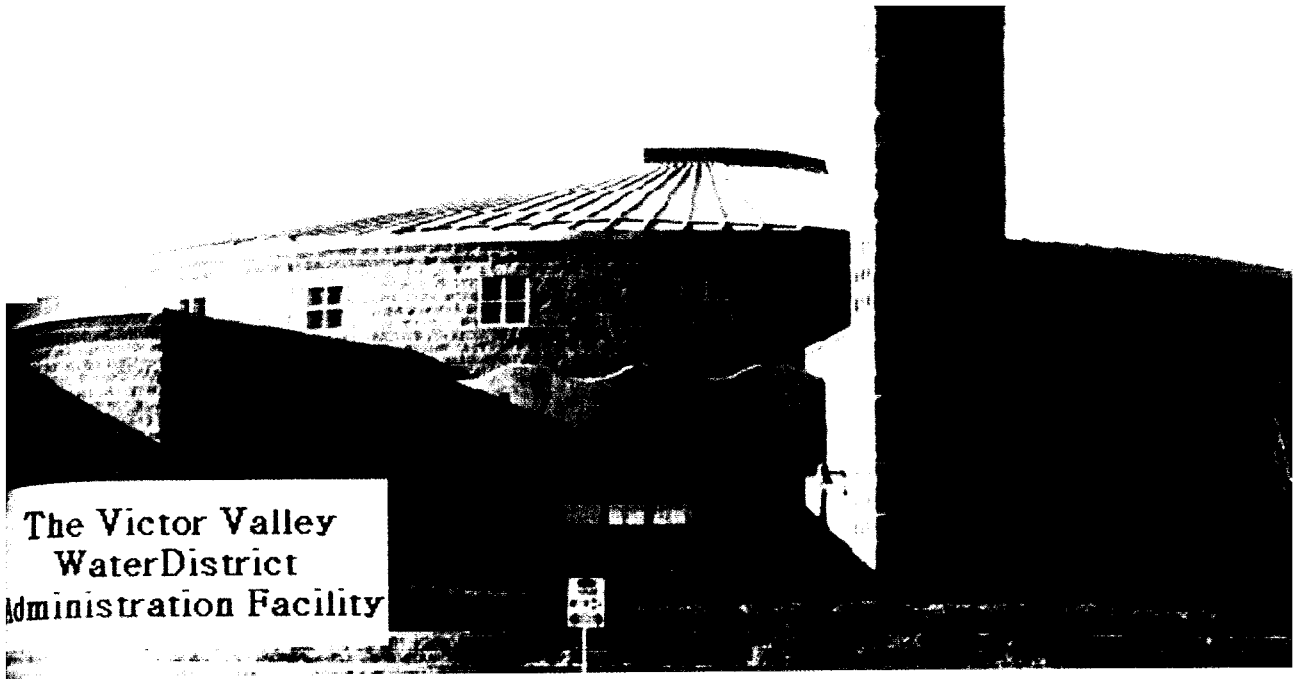
건물 에너지 분석은 미 에너지성(Department of Energy)의 DOE 2.1 에너지 분석 프로그램을 외부유영, 일광, 벽과 지붕 등의 건축재료, 조명의 종류와 설비시스템 종류와 같이 다양한 변수를 고려하여 수행되었다

초기설계 상태에서 지붕과 전기기기에 의한 열 취득량은 78-tons의 냉각이 요구는 것으로 계산되었다. 따라서 초기의 설비는 총 85-tons의 냉각을 위해 15-ton의 설비 1개, 20-ton의 설비의 2개와 30-ton의 설비 1개가 포함되었다.

그러나 고효율 외피와 고효율 조명을 적용한 건물의 냉방부하의 총 37.1 tons의 냉각이 필요로 계산되었으며, 이것은 초기의 계산인 냉방부하 78-tons보다 약 52%의 총 냉각요구량 감소를 나타낸다.

이 건물은 남부 California의 사막 고지대에 위치하고 있으며, 이는 기존의 냉각방식 대신에 증발냉각의 다양한 방법을 쓰기 위한 이상적인 외부조건을 가지고 있다. ASHRAE의 냉각을 위한 실외설계온도는 건구온도 101°F, 습구온도 65°F (38.3°C DB / 18.3°C WB)이다. 그러나 110°F DB / 70°F WB (43.3°C DB / 21.1°C WB) 온도까지 적용 가능하다.

김 병 선 연세대학교 건축공학과 (sean@yonsei.ac.kr)



직/간접 증발냉각이 가능한 고효율 멀티 증발 냉각설비 내에서 최종적으로 공기의 온도를 54.8°F DB / 53.1°F WB(12.7°C DB / 11.7°C WB)로 만든다. <표 1> 참고 이러한 시스템은 냉방기기를 5월에서 9월 사이에 동안 사용하지 않고 냉방이 가능하다. 실내의 습도가 55% 이상 증가할 때 냉각의 총 11.5tons는 실내 공기를 감습시키기 위해 필요로 한다. 변풍량 방식(VAV)의 적용은 에너지 소비와 공급구간을 더 감소시키기 위해 쓰여졌다. 시스템 개요는 <그림 1>에서 보여진다. 냉각을 필요로 하는 계절 동안, 건물의 RA(return air)는 공조기의 열 교환기 부분을 지나서 간접적으로 냉각 효율을 향상시킨다.

감습을 위한 용량 11.5 tons를 공급하기 위해 표준 12.5-ton의 설비를 적용하는 대신 20-ton의 Dual-compressor heat pump 설비가 채택되었다. 이러한 적용은 11.5-tons의 85% 수용력에 압축기

의 여유분을 제공해준다.

최종의 설계는 냉각에서의 총 감소를 초기의 냉각량의 78-tons를 고려하여 85% 절약과 같다고 나타내고 있으며 직접적/간접적인 설비의 혼용 효율은 128.3%이며 냉각의 다양한 단계의 성능은 <표 1>에서 보여진다.

초기 상태의 HVAC시스템을 위한 에너지 소비는 202.4 MkWh/year로 추정되었으나 1997년 사용량이 103MkWh/year로 1년을 기준으로 약 51.3%의 에너지 절약을 나타내는 것을 추정되었다.

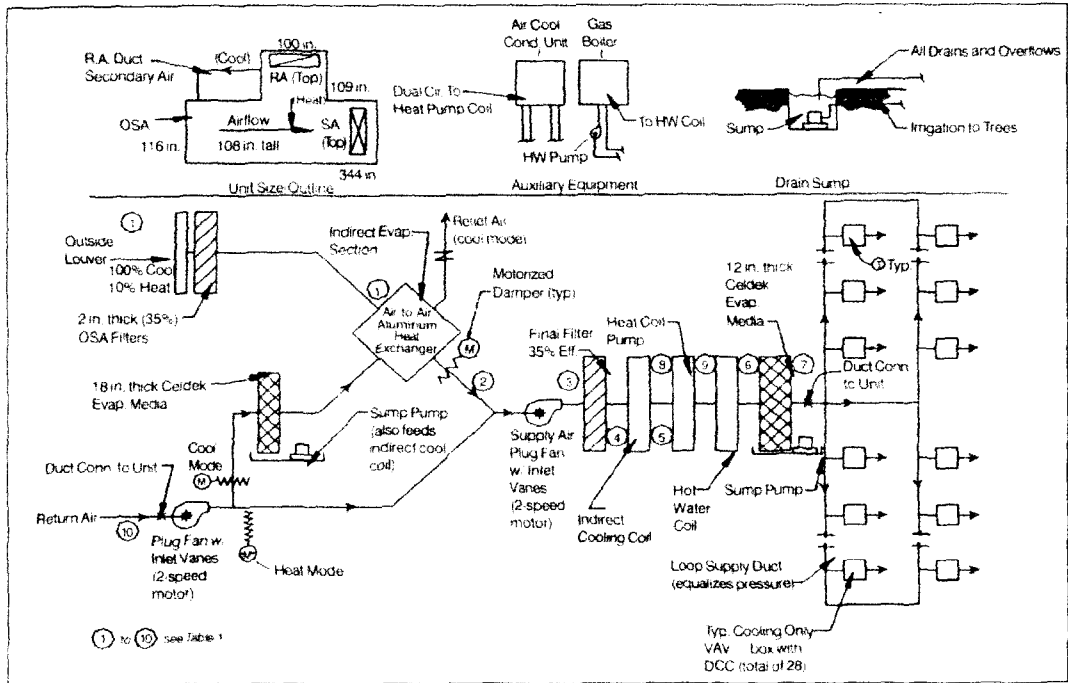
실내 공기 쾌적도

직/간접적인 증발냉각은 냉방시 18,000cfm (8490L/s)인 외기량의 100%사용, 난방시

<표 1> 증발냉각설비의 각 장치들의 냉각성능

Various Stage of Cooling Mode Performance °F(°C) Dry Bulb / Wet Bulb										
	1	2	3	4	5	6	7*	8**	9**	10
Temp.	101/65 (38.3/18.3)	69.2/53.4 (20.7/12.3)	71.2/54.2 (21.8/12.3)	71.2/54.2 (21.8/12.3)	66.7/52.3 (19.3/11.3)	66.7/52.3 (19.3/11.3)	54.8/53.1 (12.7/11.7)	66.7/52.3 (19.3/11.3)	55.1/48.5 (12.8/9.2)	76/63 (24.4/17.2)
Coment	Indirect Ent. Air	Indirect Lvg. Air	Fan Motor Heat Gain	Ind Coil Ent. Air	Ind Coil Lvg. Air	Direct Ent. Air	DX Coil Ent. Air	DX Coil Lvg. Air	DX Coil Lvg. Air	Secondary Air(return)

* Stage deactivates when indoor humidity is more than 55%. ** Stage activates when indoor humidity is more than 55%



〈그림 1〉 에너지 절감을 위해 디자인된 변풍량방식(VAV)설비시스템도

1,800cfm(850 L/s)인 외기량의 10%를 쓰기 위해 디자인되었다. 55명의 재실자에 대해 냉방시 1인당 요구되는 외기량은 327cfm(154L/s)이며 난방시는 32.7cfm(15.4L/s)의 외부공기가 요구된다. 이것은 Standard 62-1989에서 제시되는 1인당 20cfm(9.5L/s)의 소요외기량을 초과하는 것이다. 외기에 바탕을 둔 에너지관리시스템은 설비시스템을 시작하기 위한 최적의 시간 결정한다.

Innovation

일반적으로 증발냉각은 산업시설, 창고 등을 냉방하기 위해 사용된다. 변풍량방식(VAV)과 직접적인 에너지 관리 제어 시스템과 결합한 방식은 상업용 건물 단독으로는 주로 쓰여지지 않는다. 그러나, 간접적인 냉각과 직접적인 냉각의 함께 쓰는 증발냉각의 기술적 진보는 증발냉각

을 경제적 측면에서 더 효율적으로 만든다. 이러한 고성능 설비들은 냉각제의 사용 없이, 덥고 건조한 지역의 외기를 이용하여 건구온도를 54°F에서 60°F(12.2°C to 15.6°C)로 낮게 냉각할 수 있다.

운영과 유지측면

냉각제 사용을 줄이기 위한 주요한 이유 중 하나는 운영과 유지비를 줄이고 설비시스템운영의 신뢰성을 향상시키기 위해서이다. 직/간접 증발냉각설비의 선택은 높은 공급효율에 기초를 두고 있다. 에너지관리시스템은 설비시스템의 부분들을 감시하며, 고장이나 오작동을 알려준다. 또한 시스템운전과 유지에 관한 정보를 제공한다.

〈표 2〉 고효율 증발냉각설비의 에너지 소비

Energy Consumption(in thousands kWh)													
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Total
Study Base	15.9	14.4	17.4	15.3	17.2	19.1	17.9	20.5	17.5	16.8	15.2	15.2	202.4
1997	10.2	9.1	10.6	9.3	7.2	8.2	7.5	7.6	6.8	8.7	9.3	9.3	103.8
% Saving ¹	35.8	36.8	39.1	39.2	58.1	57.1	58.1	62.9	61.1	48.2	38.8	38.8	51.3

비용 절감 효과

이 건물은 \$1,890,000의 예산한도 내에서 건설되었다. 지방공공기관은 증발냉각설비, 자연채광, 조명자동센서, 이중유리와 단열설치에 대해서 많은 돈을 보조해주고 있다. 직/간접 증발냉각기기의페이체크(paycheck)는 정부보조를 포함하면 1.6year, 정부보조를 포함하지 않으면 2.8year이다. 월별 전기소비량을 보면 60%에서 65%의 에너지 절감효과를 보이고 있는데 이는 캘리포니아주의 에너지효율기준보다 높다. 전체적인 에너지 절감은 〈표 2〉를 보면 월별 최소 35%에서 62.9%의 절감 효과를 볼 수 있다.

결론

효과적인 건물디자인을 위한 디자인팀의 위촉과 건물주의 지원이 이 프로젝트의 성공 주요소였다. 주된 성과는 다양한 기후지역에서 에너지 효율적인 설비시스템을 디자인할 때, 가능한 냉각재의 사용을 줄이는데 있다. 또한 많은 기후지역에서 고효율 건물외피와 냉방부하의 감소가 가능한 디자인이 가능하다. 고효율건물외피의 추가적인 비용 때문에 설비기기의 운영비절감은 2년의 투자회수기간의 결과를 가져왔다. ㉞

Translated by permission from ASHRAE Journal, copyright Vol. 42, No. 10, 2000, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. The original English language version of this translation is available from ASHRAE, 1791 Tullie Circle, N.E., Atlanta, GA 30329 USA(www.ashrae.org). SAREK is solely responsible for the accuracy of this translation.