

ASEM빌딩의 빙축열 설비 시공사례

The Installation Example of Ice Storage System in ASEM Buling

하헌우, 류구영, 남임우, 정봉철((주)센추리 기술연구소)

ABSTRACT: The enhancement of living standard is accompanied with rising both demand of air-conditioner and construction of large building. Consequently the additional request of electric power tends to be increased abruptly. But construction of power plant to supply to those electric power demand is encountering with the problem of capital and duration of construction.

For these reason, the first ice storage system was installed in 1989 by KEPCO, and the application of ice storage system is being adopted gradually.

Generally screw chiller, reciprocating chiller and centrifugal chiller are adopted to ice storage system within the country. Especially centrifugal chiller to be used in this system has applied R123 refrigerant. But R123 is restricted by Montreal Protocol, and many advanced states have developed and sell cooling device using other alternative refrigerants.

After the consideration of the using of alternative refrigerant and the comparison of operation cost and efficiency, R134a centrifugal chiller was applied instead of R123 machine

Key words: Centrifugal chiller(터보냉동기), Ice storage system(빙축열 시스템)

1. 서론

현재 생활 수준의 향상으로 에어컨의 수요는 늘어나고 있고, 대형 건물의 건설로 냉방용 전기 사용량이 급격히 증가하는 추세에 있다. 그러나 이런 수요를 충족하기 위한 발전소 건립은 자금이나 건립 기간 문제로 전기 사용량 충족에 대응하기가 힘든 실정이다.

이에 1989년에 한국전력공사 주도 하에 국내에 최초의 빙축열 시스템이 설치되었고, 현재에는 빙축열 시스템을 채택한 수요자가 많아졌으며, 빙축열 시스템의 최적 설계나 운전에 대한 많은 연구가

이루어지고 있다.

국내에서는 스크루냉동기나 왕복동식냉동기 또는 터보냉동기가 빙축열 시스템에 주로 사용되고 있다. 빙축열 시스템에 사용되는 터보냉동기는 주로 R123 냉매를 사용하고 있다. 하지만 R123 냉매는 몬트리올 의정서에 의해서 규제를 받는 냉매이고, 선진국에서는 몬트리올 의정서와 별도로 HCFC 계열 냉매를 사용하지 않고 대체 냉매를 사용한 냉동기기를 개발, 판매하고 있다.

Corresponding author

Tel: +82-41-530-3753; FAX: +82-41-533-3845

E-mail address: hahip69@yahoo.co.kr

이에 ASEM 빌딩의 빙축열 시스템에는 냉매의 사용 및 운전 비용면에서 기존 R123 터보냉동기보다 효율적인 R134a 터보냉동기를 적용하였다.

본 ASEM 빌딩에 적용한 빙축열 시스템 방식은 전체 부하를 빙축열 시스템으로 구성하여 일일 최대냉방부하의 40% 이상을 심야 전력을 이용 냉동기를 운전하여 얼음을 저장하고, 주간에 빙축열조와 냉동기를 병용 운전함으로써 부하에 대응하는 부분축열방식을 채택하였다.

표 1. 건축개요

위치	서울시 강남구 삼성동 159-1, 159-9
용도	업무시설, 관람집회시설, 전시시설, 판매시설, 숙박시설
대지 면적	148,784.00㎡
건축 면적	83,215.13㎡
연면적	938,019.42㎡

2. 시설 개요

R134a 터보냉동기 적용 빙축열 시스템이 설치된 시설물의 개요는 표 1.과 같다.

3. 빙축열 시스템 개요

3.1 빙축열 시스템 설계조건

ASEM 빌딩의 냉열원기기 용량은 22,000RT이다¹⁾. 전체 시스템의 냉열원 담당부하량을 살펴보면

- 1) 빙축열 시스템 담당부하 ; 7,700RT
 - ① 저온터보냉동기 ; 1,100RT×4EA=4,400RT
 - ② 빙축열조 축열용량 ; 33,000(T-H)
- 2) 상온터보냉동기 ; 1,300RT×2EA = 2,600RT
- 3) 흡수식 냉동기 ; 1,300RT×9EA = 11,700RT

으로 구성되어 있다.

축열조를 냉동시키기 위해 사용하는 축냉시간은 22:00부터 08:00까지 10시간이며, 축열조에 축열된 얼음을 이용하여 주간냉방에 사용하는 방냉시간은 08:00부터 18:00까지 10시간으로 선정되어 있다.

빙축열 시스템의 전체 축열량은 33,000 T-H이며, 증발기 내를 흐르는 브라인 용액은 동결방지를 위하여 에틸렌글리콜을 25%로 유지하였다.

3.2 빙축열 시스템 구성

3.2.1 축열방식

축열방식으로는 일일 최대냉방부하의 40% 이상을 심야 전력을 이용 냉동기를 운전하여 얼음을 저장하고, 주간에 빙축열조와 냉동기를 병용 운전함으로써 부하에 대응하는 부분축열방식을 채택하였다.

3.2.2 회로구성

본 빙축열 시스템은 열교환기를 기준으로 하류 측에 냉동기가 있고 부하에 대한 1차측 부하는 축열조가 감당하는 CHILLER DOWN-STREAM 시스템을 채택하고 있다. 축열조를 이용하면 효율이 증대되고 최대부하 적응력이 좋으며 열교환기 전열면적이 감소된다. 그리고 설비비를 감소시킬 수 있고 낮은 온도의 냉수를 공급할 수 있는 장점이 있다. 하지만 주간 운전시 냉동기가 낮은 온도로 운전되어 효율이 감소되는 단점이 있다.

3.2.3 회로구분

본 빙축열 시스템은 밀폐형 방식을 채택하고 있다. 이 방식은 개방형에 비해 브라인량이 적고 유량 흐름이 균일하며 브라인의 증발량 및 누수 위험이 적으며 브라인의 환경 폐수 처리비가 적어서 가장 많이 사용되는 방식이다.

3.2.4 부하열교환방식 : 간접 열교환방식

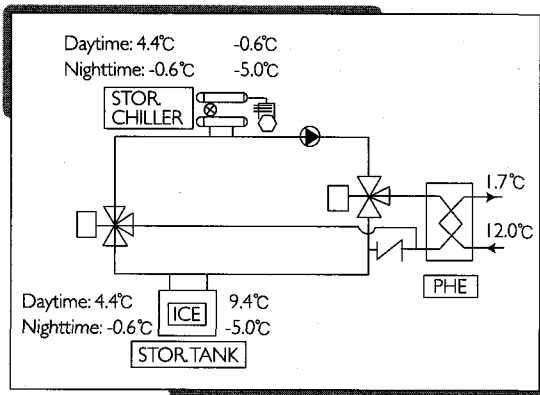
3.3 빙축열 시스템 구성

빙축열 시스템은 냉각을 위한 터보냉동기, 축열을 위한 축열조, 외부와의 열전달을 위한 열교환기 등으로 구성되며, 이러한 빙축열 시스템의 개략적 구성이 그림. 1에 나타나 있다.

3.4 부하 분포

본 빙축열 시스템의 부하 분포는 Fig. 2에 나타나 있으며 주간(08:00~18:00) 운전시에는 축열조의 방냉운전과 터보냉동기의 냉방운전을 병행하며, 야간(22:00~08:00) 운전시에 냉동기를 이용하여 축열조를 축열 하도록 부하가 분포돼 있다.

그림 1 빙축열 시스템 흐름 개략도

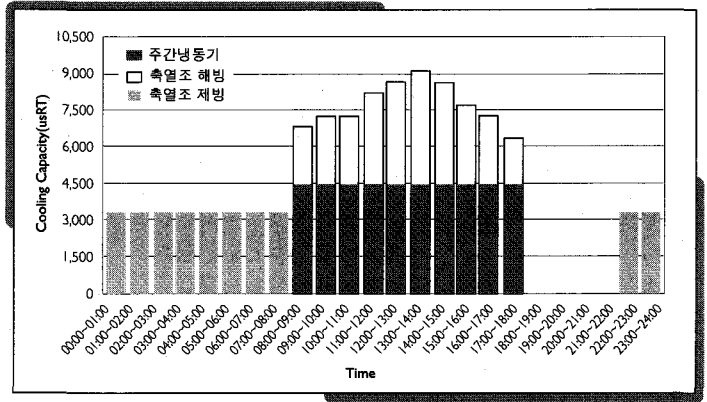


3.5 빙축열 시스템 구성 장비

3.5.1 터보냉동기

터보냉동기 필요 능력은 주간냉방운전의 경우 4,400 RT(주간 최소요구 냉동용량), 축열 운전의 경우는 3,300 RT(야간 최소요구 냉동용량)이다. 이를 만족하는 터보냉동기로서 야간능력 1,100 RT,

Fig. 2 Load profiles of ice storage system



주간능력 1,224 RT 이상인 저온용 터보냉동기를 선정, 4기를 설치하였다. 표 2에 터보냉동기의 성능 및 제원을 나타내었다.

압축기는 단단형으로서 두 개의 압축기가 설치되어 있으며, 압축기모터의 냉각방식은 냉매 냉각방식으로서 압력차를 이용하여 오일이 증발기 혹은 응축기로 넘어가는 것을 방지하였고, 증발기는 반만액식이 적용되었다. 열교환방식은 Shell & Tube 형으로서 고효율 열전달 축진관을 이용하여 열전달 효율을 높였다. 오일펌프는 트로코이드형이며 오일 펌프의 냉각방식은 수냉각 방식이다.

표 2 저온용 터보냉동기의 제원

Type		Centrifugal Chiller
Refrigerant		R134a
Brine Temp.	Day	4.4 °C → -0.6 °C
	Night	-0.6 °C → -5.0 °C
Cooling water Temp.	Day	32.0 °C → 37.0 °C
	Night	30.0 °C → 35.0 °C
Cooling Capacity	Day	1,224 RT
	Night	1,100 RT
Brine flow rate		13,400 LPM
Cooling water flow rate		15,445 LPM
Q'ty		4 set

그림 3 터보냉동기 흐름도

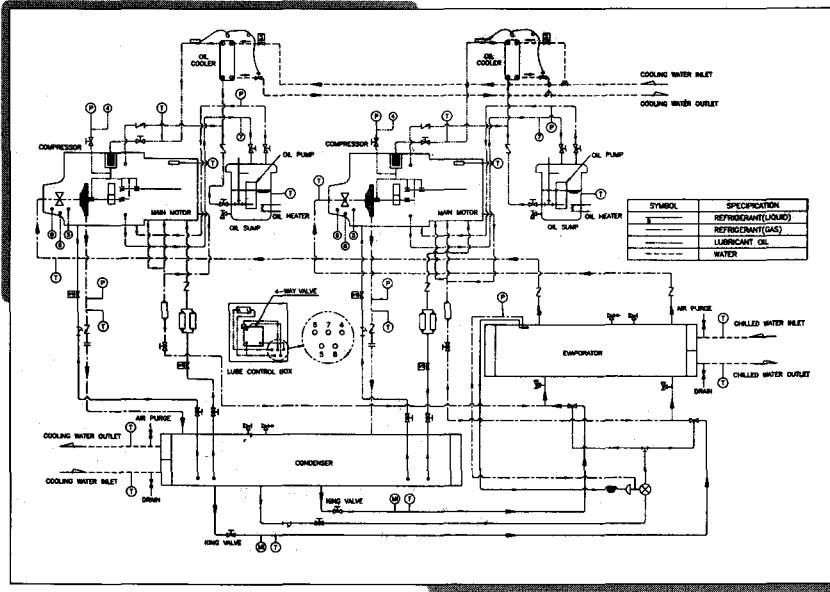


그림 3은 R134a 터보냉동기의 냉매와 오일의 흐름, 냉동기에 설치된 계기류 등을 나타낸다.

3.5.2 빙축열조

빙축열조는 심야시간에 축열조 관의 외부에 얼음을 만들고, 방냉시(주간시간)에는 축열조의 얼음으로부터 열을 빼앗아 판형 열교환기에서 열교환하는 ICE ON COIL 방식을 채택하고 있다. 빙축열조의 외관은 그림 4와 같으며 그 사양은 표 3에 나타나 있다.

표 3 빙축열조 제원

Type	ICE ON COIL
Capacity	38,480 T-H(latent heat)
Request Capacity	23,000 T-H(latent heat)
Ice storage efficiency	85.7%
Heat transfer area	1.58 m ² /T-H
Q'ty	33 set

3.5.3 기타시스템

그림 5는 판형 열교환기의 외형을 보여주고 있으며 그 사양은 표 4와 같다.

표 5는 브라인 펌프의 사양을 나타낸 것이며, 표 6과 7에 각각 팽창탱크 및 송풍기의 사양을 나타내었다.

3.6 설치 및 시운전 결과

본 빙축열 시스템 1999년 9월에 1차 설치 완료 후, 1999년 11월과 2000년 4월에 2차례 시운전을 실시하였고 이후 2000년 6월 최종 설치를 완료하고 7월에 전체 빙축열 시스템에 대한 시운전을 실시하였다. 각 냉동기마다 편차

그림 4 빙축열조 외형 및 구조도

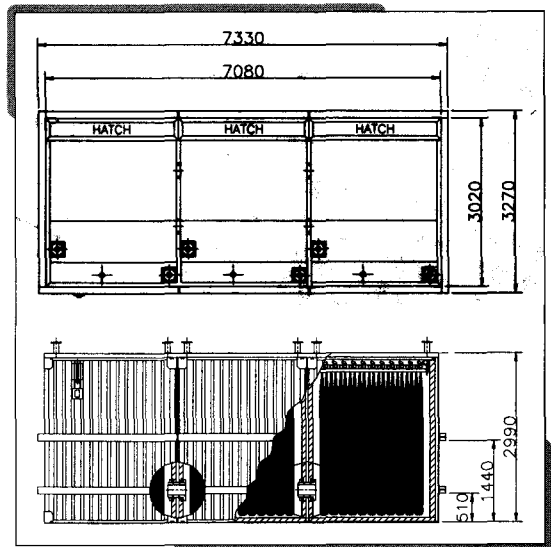


그림 5 판형 열교환기 구조도

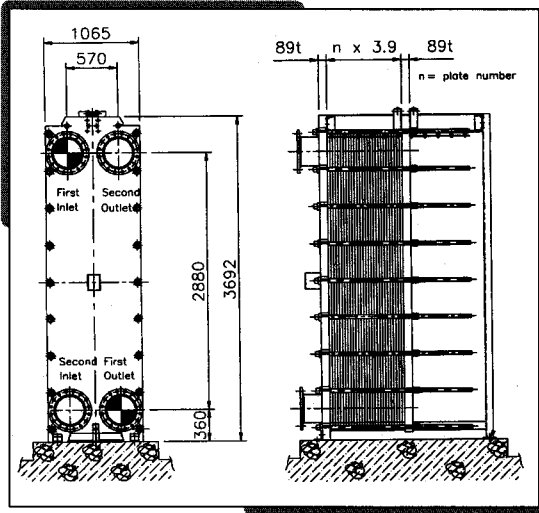


표 4 판형 열교환기 제원

Type	Plate heat exchanger
Capacity	7,585,685 Kcal/Hr
Working flow	First : Brine(E,G 25%) Second : Water
Temp. Condition	First : -0.6 °C → 9.4 °C Second: 12.0 °C → 1.7 °C
Heat transfer area	1,101.24 m ²
Q' ty	4 set

표 5 브라인 펌프 제원

Type	Double suction volute pump
Flow rate	13,400 LPM
Head	46 m
Q' ty	6 set(2 set for standby)

가 있으나 오차범위 내에서 설계성능 대비 주간 110%, 야간 105%의 성능을 나타내었다.

본 빙축열 시스템에 적용한 R134a 터보냉동기는 환경 친화적인 냉매를 사용하고 있고, 고효율 단단 압축 텐덤형 압축기와 고성능 열교환기(증발기, 응축기)를 사용하므로 냉동기의 성능 향상 및 냉매의 붓입량을 크게 줄일 수 있다.

표 6 팽창탱크 제원

Model	EX-1200L
Capacity	1,200 liter
Q' ty	3 set(1 set for standby)

표 7 Air Blower 제원

Capacity	6.3 kw
Q' ty	15 set

또한 2개의 단단 압축기를 적용함으로써 2대의 냉동기를 설치할 경우보다 가격, 설치비용 및 면적을 줄일 수 있고 부분부하운전이 용이하다.

4. 경제성 평가

4.1 경제성 비교 대상

4.1.1 경제성 비교 대상

본 빙축열 시스템의 경제성 비교 대상은 표 8과 같다.

표 8 경제성 비교 대상

	1차 설치분	2차 설치분
터보냉동기 방식	940RT×8대	1,000RT×3대
빙축열방식	터보냉동기	1,100RT×3대
	빙축열조	22,000T-H

4.1.2. 경제성 비교 조건

- 1) 냉방기간 : 4개월(6월~9월)
- 2) 연간 가동일수 : 4개월×25일=100일
- 3) 일 냉방시간 : 10시간
- 4) 월별 부하기준

서울지역의 온도출현빈도표(BIN DATA : 공기조화냉동공학회지 1988년 1월, P28, 김두

천)로 부터 월별 부하율표를 작성하여 전부하 상당시간을 산출하였다.

5) 에너지 요금 체계

에너지 요금 체계는 1998년 1월 한전전력요금표를 참조하였다.

4.2 경제성 평가

4.2.1 1차 설치분의 경제성 평가

1차 설치분의 경제성 평가 결과는 표 9와 같다.

표 9 경제성 평가(1차 설치분)

(단위 : 천원)

구 분		터보냉동기	빙축열 시스템
투자비	장치비용	1,296,000	3,289,368
	공사비	173,000	850,541
	합 계	1,469,000	4,140,909
	Δ1		2,671,309
운전비	심야전력기본요금	-	49,562
	심야전력주간요금	-	85,586
	심야전력야간요금	-	106,194
	일반전력기본요금	608,083	-
	일반전력사용요금	344,089	-
	합 계	952,172	241,342
Δ2			710,829
투자비회수기간 : Δ1/Δ2(년)			3.76

4.2.2 2차 설치분의 경제성 평가

2차 설치분의 경제성 평가 결과는 표10과 같다.

5. 결론

선진국에서는 몬트리올 의정서에서 규제를 받고 있는 HCFC 계열 냉매 대신에 대체 냉매를 적용한 냉동기기를 판매하고 있고, 나아가 고효율용 제품을 설계, 판매하고 있다. 국내에서도 대체 냉매를 적용

표 10. 경제성 평가(2차 설치분)

(단위 : 천원)

구 분		터보냉동기	빙축열 시스템
투자비	장치비용	898,000	1,422,104
	공사비	133,800	653,959
	합 계	1,310,800	2,076,063
	Δ1		1,044,263
운전비	심야전력기본요금	-	14,386
	심야전력주간요금	-	30,350
	심야전력야간요금	-	24,741
	일반전력기본요금	236,738	-
	일반전력사용요금	158,916	-
	합 계	395,654	69,477
Δ2			326,177
투자비회수기간 : Δ1/Δ2(년)			3.20

한 냉동기기의 개발 및 판매가 이루어지고 있다.

이에 본 사례에서는 빙축열 시스템에 R134a 터보냉동기를 적용하였다.

본 사례에 적용한 R134a 터보냉동기는 대체 냉매를 사용함으로써 국제적인 규제에 대응할 수 있으며, 기존의 R123 터보냉동기보다 효율적이어서 운전·비용면에서 우수한 제품이다.

본 빙축열 시스템은 수차례에 걸친 운전 및 성능 검증을 통해 설계상의 결과가 나타남을 알 수 있었다.

따라서 향후, R134a 터보냉동기를 사용한 중대형 빙축열 시스템의 보급과 적용이 확대될 것으로 전망된다.

참고문헌

1. 김광태, 최종언, 이성구, 2000, ASEM CONVENTION CENTER 설계사례, 공기조화 냉동 공학회 2000하계학술발표회 논문집, pp. 1191~1200