

ICE-BALL시스템의 소개 및 시공사례

글/황건희 <중앙개발(주) 에너지사업팀 과장>

I. ICE-BALL SYSTEM

ICE-BALL시스템은 내부에 물이 채워진 구형의 캡슐을 축열매체로 하여 볼 내부의 물을 얼리는 시스템으로, 1982년 프랑스 Cristopia사에서 처음 개발되었다. 당시에는 STL(Stockage Par Chaleur Latente : 잠열축열)시스템으로 불리워졌으나 점차 개량되어 현재의 ice-ball이 나타나게 되었다.

이 시스템의 특징은 정적시스템과 동적시스템의 특징을 고루 갖추고 있어서 IPF가 높으며 특별한 제빙 및 해빙용의 열교환시설이 필요없는 시스템이며 공장에서의 ICE-BALL의 대량생산이 가능하며 축열조형태를 제약조건없이 다양한 형태로 만들수 있다는 것이므로 시공상, 유지관리상에 커다란 장점을 가지게 된다.

축열량은 ICE-BALL의 수량에 의하여 결정되기 때문에 향후 용량이 증가될때 ICE-BALL을 추가로 축열조에 채우면 되기때문에 축열용량의 신축성이 매우 우수하게 된다.

이러한 특징은 설계시와 시공시 그리고 유지관리시 관련직업이 간편하게 되므로 시스템의 신뢰성과 관리의 용이성이 좋다.

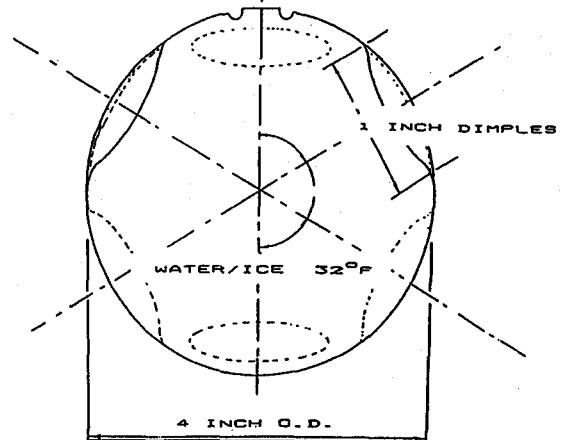
1. ICE-BALL

가. 물리적 특성

ICE-BALL의 외부재질은 플라스틱이며, 내부에는 증류수와 제빙을 용이하게 하여주는 약간의 무기물질이 함유되어 있다.

외표면에는 내부의 물이 얼때 발생하는 부피팽창을 고려한 움푹파인 부위(dimple)가 있다.

그림1-1 ICE BALL의 구조



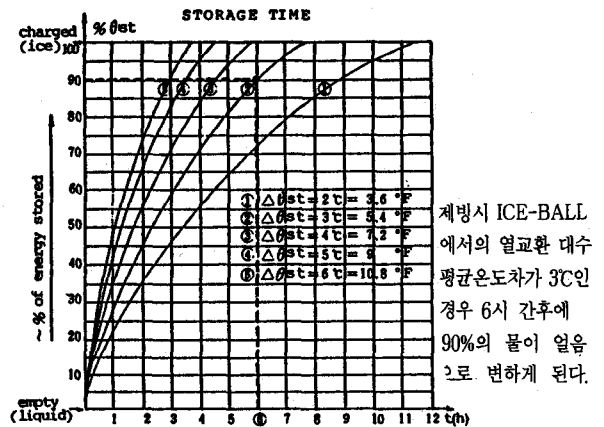
직경 : 103mm DIMPLE : 25mm 무게 : 530g 부피 : 530cm³(물) 580cm³(얼음) 파괴강도 : 350-400kg

나. 열적 특성

ICE-BALL은 빙점이 0°C이며, 1개당의 축열가능한 잠열량은 약 40, 85Kcal이다. 비열은 내부가 물일 경우에 0.96Kcal/kg · °C이며, 얼음인 경우 0.62Kcal/kg · °C가 된다.

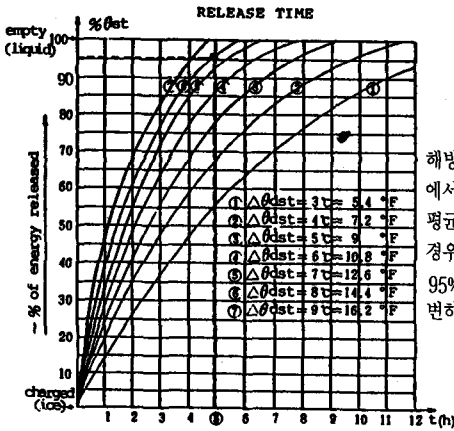
다음의 그래프들은 ICE-BALL SYSTEM에서의 제빙과 해빙시 열특성을 나타낸 것이다.

- 축열 및 방열 성능곡선



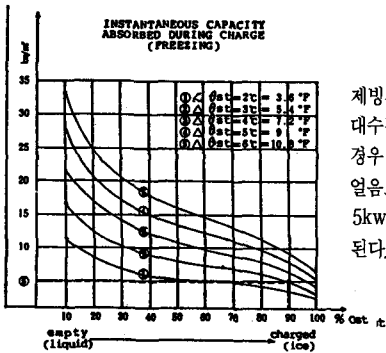
제빙시 ICE-BALL에서의 열교환 대수 평균온도차가 3°C인 경우 6시간후에 90%의 물이 얼음으로 변하게 된다.

그림1-2 제빙시간과 제빙열량



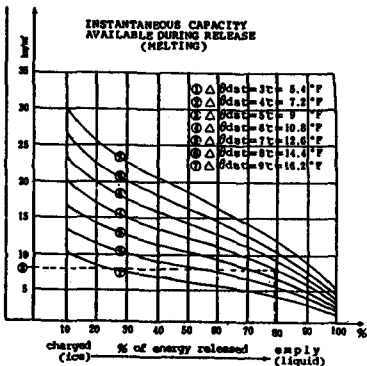
해빙시 ICE-BALL
에서의 열교환 대수
평균온도차가 8°C인
경우 5시 간후에
95%의 얼음이 물로
변하게 된다.

그림1-3 해빙시간과 해빙열량



제빙시 축열조에서의 열교환
대수평균온도차가 3°C인
경우 90%의 ICE-BALL이
얼음으로 변한 상태에서
5kw/m²의 축열이 가능하게
된다.

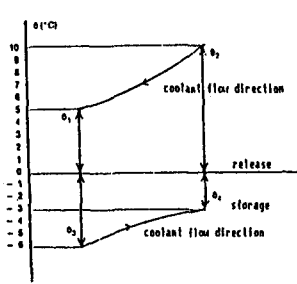
그림1-4 제빙시 순간축열용량



해빙시 축열조에서의
열교환 대수평균온도차가
6°C인 경우 80%의
ICE-BALL이 녹은
상태에서도 8kw/m²의
방열이 가능하게 된다.

그림1-5 해빙시 순간방열용량

• 대수 평균 온도차(LMTD)



(해빙시)

$$\Delta\theta_{dst} = \frac{|\theta_2| - |\theta_1|}{\log \frac{|\theta_2|}{|\theta_1|}}$$

θ_1 : 해빙시 축열조출구온도
 θ_2 : 해빙시 축열조입구온도

$$\Delta\theta_{dst} = \frac{|\theta_3| - |\theta_4|}{\log \frac{|\theta_3|}{|\theta_4|}}$$

θ_3 : 제빙시 축열조입구온도
 θ_4 : 제빙시 축열조출구온도

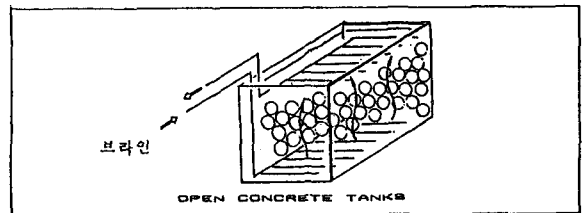
그림1-6 대수평균온도차

※ ICE-BALL의 온도는 잠열축열과정으로 간주하여 0°C로 고려한다.

2. 축 열 조

가. 구조

* 개방형 탱크



* 밀폐형 탱크

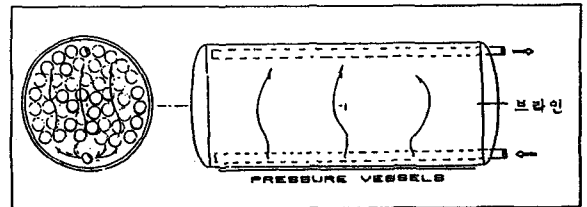


그림1-7 축열조의 구조

나. 구분

- 압력조건에 따른 분류 : 개방형, 밀폐형
- 축열조형상에 따른 분류 : 원통형 (횡형, 입형) 사각형 (정사각형, 직사각형) 등

빙축열시스템

빙축열시스템 시공사례 (4)

다. 재 질

- 강도, 방수, 단열, 부식조건을 고려하여 재질을 선정한다.

재 질	강도	방수	부식	하중	형상	비교
콘크리트	○	×	○	×	×	
Steel	△	○	×	△	○	
SUS	×	○	○	○	△	
FRP	×	○	○	○	○	

라. 축열효율

축열조 1 m^3 에 채울수 있는 ice ball의 수량은 평균 1100개(1000~1200개)가 된다. 그리고 ice ball개당의 잠열량은 40, 85Kcal가 되므로 축열조 1 m^3 에 저장할 수 있는 잠열량은 약 14, 85usRT가 된다.

또한, ICE BALL이 완전히 얼었을 경우 제빙율(IFP)은 58, 3%가 된다.

마. 축열량의 확인

축열량은 ice ball이 각각 얼때 부피가 10%씩 팽창하게 되므로 축열조의 수위변화는 ice ball의 제빙정도 혹은 해빙정도를 파악할 수 있는 값이 된다. 따라서 축열량 및 해빙량의 조절은 축열조 수위변화를 제어함으로써 가능하게 된다.

3. ICE BALL 시스템의 비교특성

빙축열시스템의 성능평가는 축열효율, 방열효율, 시공, 관리의 편리성 그리고 제어기능에 의하여 이루어 질수 있다. 다음은 ICE BALL시스템의 효율에 대하여 타 시스템과 비교검토한 것이다.

가. 축열효율

축열효율은 축열조의 단위용량당의 축열량으로 평가되는데 ICE BALL시스템은 ICE BALL의 특징상 코일식에 비하여 축열효율이 우수하다.

- 용량당 축열에너지 : ICE BALL (13, 51~16, 21 RT-HR/ m^3)

ICE ON COIL (12, 05~15, 87 RT-HR/ m^3)

나. 방열효율

빙축열시스템의 온도조건 관리는 방열특성에 의하여 좌우되는데 ICE-BALL시스템은 축열량에 대한 전 열면적이 넓기때문에 방열효율이 우수하여 방열이 종료되는 시점에서 온도의 상승이 타시스템에 비해서 적다.

- 표면적 비교 : ICE BALL (2 m^2 /RT-HR)

ICEON COIL (1~1, 3 m^2 /RT-HR)

다. 시공 및 관리의 편리성

ICE-BALL시스템은 현장제작이 가능하며 모양이나 크기에 제한을 받지않는 축열조와 공장에서의 대량 생산이 가능한 ICE-BALL로 구성되기 때문에 설계와 시공이 상당히 용이하며, 대용량일수록 경제성이 좋게된다. 특히 축열조의 구조가 단순하기 때문에 관리상 매우 편리하다.

라. 다양한 제어기능

빙축열시스템은 운전비용의 감소와 PEAK전력을 낮추는 것이 우선적인 과제가 되므로, 최적의 운전제어기능과 향후의 운전방식변경이 용이하게 이루어질 수 있어야 한다.

본 ICE-BALL시스템에서 채택하고 있는 자동제어 시스템은 국내에서 독자적으로 개발한 것으로 다음의 특징을 갖고 있다.

- 무인자동운전이 가능하다.
- 운전조작이 편리하다.
- 최적운전제어가 수행된다.
- 시스템운전방식 조정이 용이하다.
- 시스템의 신뢰성이 높다.

II. 시스템의 설계 및 운영

1. 시스템의 구성

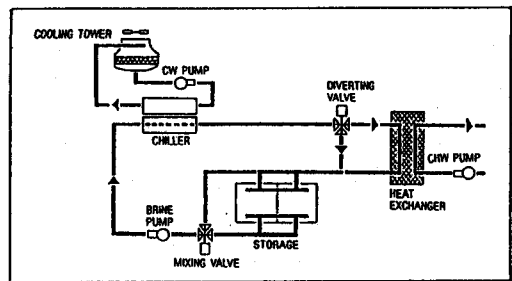


그림2-1 시스템구성도

[주요 구성기기와 그 역할]

- 저온냉동기 (BRINE CHILLER) : 얼음을 생성하기 위하여 영하의 온도에서 운전이 가능한 냉동기로서 제빙시간에는 영하의 온도로 가동되며 주간시간에는 일반냉동기와 동일한 상태로 운전된다.

- 냉각탑(COOLING TOWER) : 저온냉동기를 가동할때 응축열량을 공급하기 위하여 저온냉동기와 연동되어 가동된다.
- 축열조(STORAGE) : 건물에 필요한 냉방부하를 저장하며, 시스템의 용량과 특성에 따라서 용적과 형태가 결정된다. 온도조절을 위하여 Bypass배관이 필요하게 된다.
- 열교환기(HEAT EXCHANGER) : 건물의 냉방부하측에 냉방열량을 공급하기 위한 것으로 냉열원 1차측의 브라인수와 2차 냉방부하측의 냉수를 분리시키기 위하여 사용된다. 설치면적과 전열효율을 고려하여 판형의 열교환기가 설치된다.
- 자동밸브(3-WAY V/V) : 축열조로 흐르는 유량을 조절함으로써 브라인의 온도를 적정하게 유지시키는 목적의 Mixing밸브와 제빙운전시 열교환기로 브라인수가 흐르지 않게 하기 위한 Diverting밸브등 두개의 3-WAY밸브가 사용된다.

2. 시스템의 운전

가. 축열운전

축열조내의 Ice-ball을 얼리는 과정으로 냉동기는 저온(-4.4℃이하)으로 가동되며 그리고 냉각탑, 브라인펌프, 냉각수펌프가 가동되며 열교환기측과 축열조 BY-BASS측으로는 브라인이 흐르지 않는다.

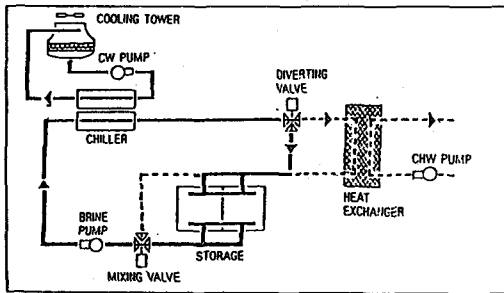


그림2-2 축열운전시 운전계통도

나. 해빙단독운전

제빙된 ICE-BALL을 해빙시켜서 냉방을 수행하는 과정으로 브라인펌프와 냉수펌프가 가동되며 냉동기

와 냉각탑은 가동되지 않으며 열교환기의 BY-BASS측으로는 브라인이 흐르지 않는다. 순환되는 BRINE 온도는 축열조내로 흐르는 BRINE의 양을 조절함으로써 유지된다.

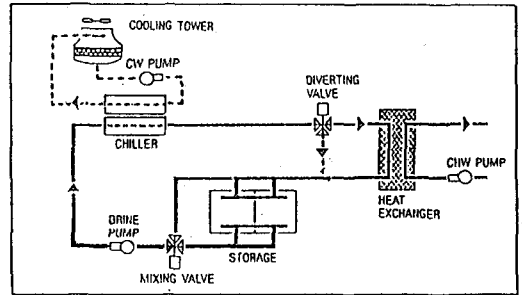


그림2-3 해빙단독운전시 운전계통도

다. 동시운전

부분축열시스템에서 가동되는 운전과정으로서 전체 냉방부하를 축열조해빙과 냉동기 가동으로 감당처리한다.

이때는 열교환기 BY-PASS라인을 제외한 전체기가 가동된다. 1차적인 온도조절은 축열조에서 행하고 최종적인 온도조절은 냉동기를 통하여 이루어진다.

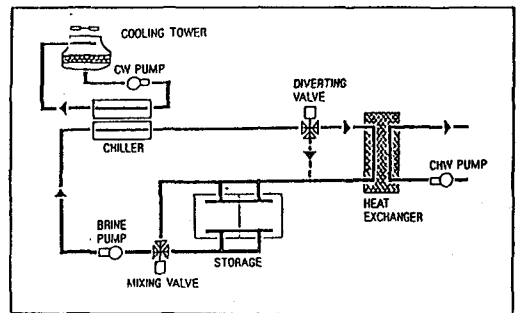


그림2-4 동시운전시 운전계통도

라. 냉동기단독운전

이는 축열조의 방열을 늦게 시작하거나 혹은 축열조의 방열이 완료되었을때 등의 특별한 목적으로 사용되는 운전과정이며, 이때 축열조는 브라인이 흐르지 않는다.

빙축열시스템

빙축열시스템 공사사례 (4)

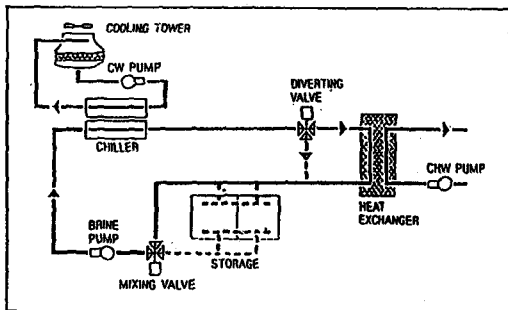


그림2-5 냉동기단독운전시 운전계통도

마. 자동제어시스템

빙축열의 자동제어는 심야시간대에 축열을 하기때문에 야간근무자가 없는 경우를 고려한 무인자동운전을 하는것이 바람직하며 또한 운전시 브라인 온도를 정확히 유지하여야 한다는것과 아울러 축열량의 적절한 방열을 위하여 유량조절등의 제어기능이 구비되어야 한다.

다음은 자동제어의 구성사례이다.

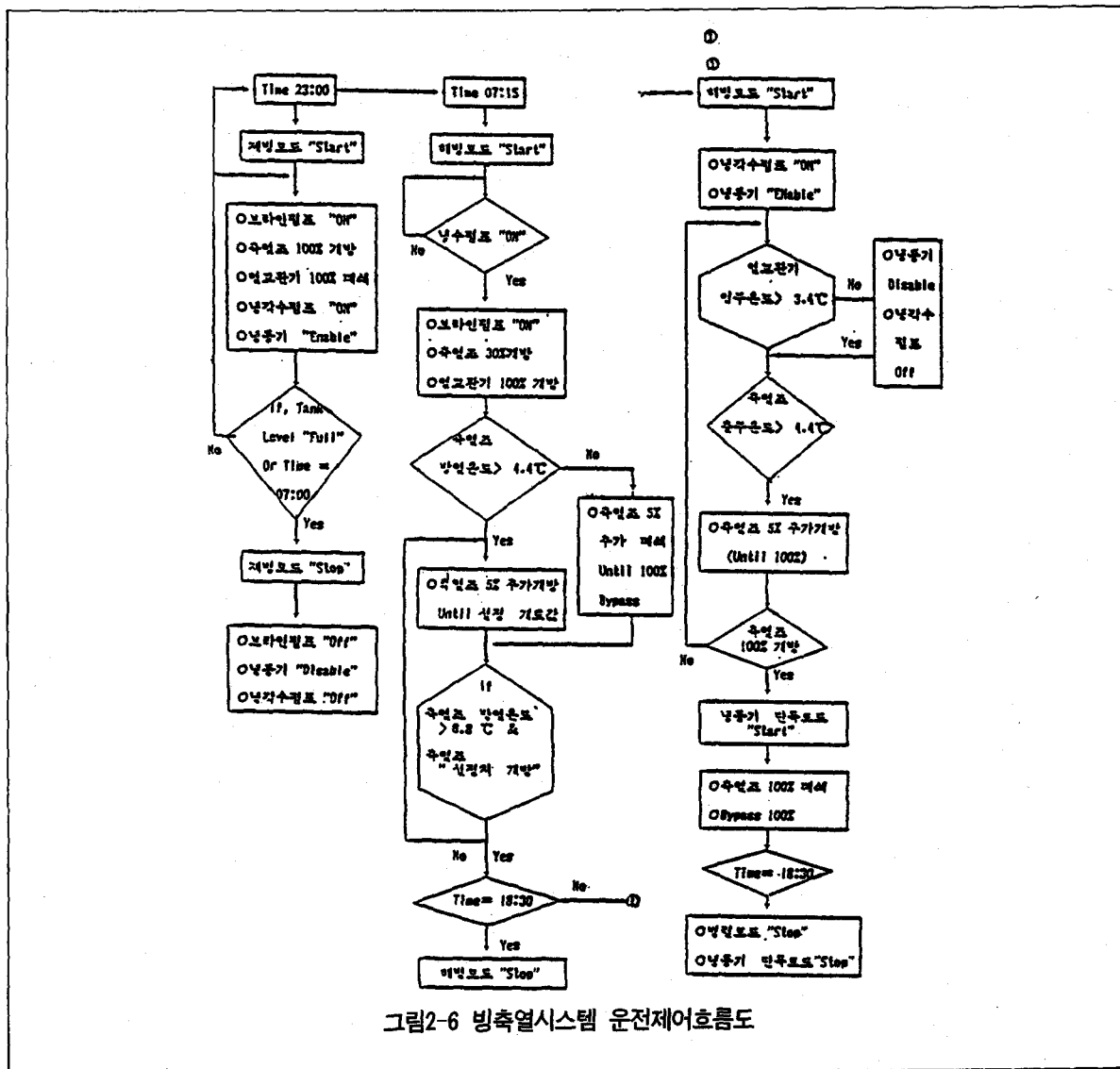
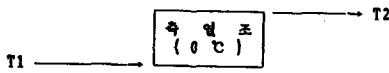


그림2-6 빙축열시스템 운전제어흐름도

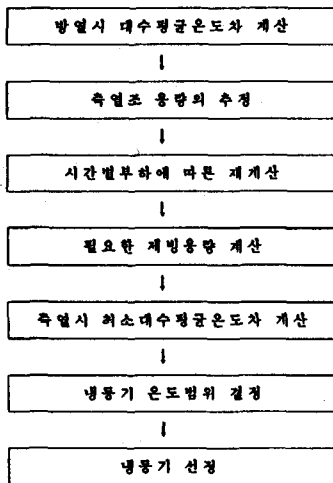
3. 시스템의 설계

가. 모든 축열시스템의 설계는 열전달이론에 의하며, 성능은 축열조의 열교환에 좌우되는데 주요변수로 축열조의 축열 및 방열식 대수평균온도차(L, M, T, D.)가 있다. 즉 축열조의 설계 입구 및 출구온도에 의한 대수평균온도차는 축열 및 방열에너지를 결정한다.



◇ 대수평균온도차(L, M, T, D.) = $\frac{T1-T2}{\ln(T1/T2)}$

나. 설계순서



1) 1단계 : 방열식 대수평균온도차 계산

◇ 필요한 축열용량을 결정하는데 있어 아래와 같이 5가지의 설계값이 요구된다.

- 부하형태에 따른 필요한 총냉방부하(최대 부하일의 시간별 부하)
- 방열중단의 요구되는 방열용량(RT)
- 축열조 출구온도의 최대치
- 축열조 입구온도의 최대치
- 순간최대부하(RT)

◇ 축열조에서 방열되는 에너지비율(RT/RT-HR)은 축열조방열이 계속 이루어짐에 따라 감소하기 때문에, 방열중단시 요구되는 용량

으로 인하여 축열조 크기의 최소화가 어렵게 될 경우가 있다.

2) 2단계 : 축열조 용량의 추정

◇ 축열조의 모든 에너지는 100% 사용될 수 있을 지라도, 방열사이클 중단에서의 추출된 에너지는 일반적으로 만족되지 않을 경우가 다수 발생한다. 그러므로 부하형태에 따른 축열용량은 최대일부하 예상치보다 다소 증가시켜야 한다. 이는 90% 방열시의 용량을 추측(일최대부하÷0.9=추정축열부하)하여 순간방열 곡선에서 계산된 대수평균온도차(L, M, T, D.)에 따른 순간방열비율(RT/RT-HR)을 찾아서 순간용량(=추정부하×순간방열비율)이 방열중단시 필요한 부하보다 클 경우 축열조의 추정용량이 결정된다. 그러나 추정용량은 순간용량이 필요한 부하를 약간 상회하도록 반복적으로 균형점을 찾음으로써 감소될 수 있다.

3) 3단계 : 시간별 부하에 따른 재계산

◇ 부하의 형태는 축열조용량의 결정에 상당한 영향을 미치는데, 최대일부하에서 순간최대부하(RT)가 임계점이라 할 수 있다. 즉 순간최대부하가 발생할 때 그 순간의 방열비율(%) 및 대수평균온도차(C)에 따른 순간방열용량이 순간최대부하를 감당할 수 있는지를 확인하여야 한다.

◇ 이 조건을 만족시키지 못할 경우에는 2단계(축열용량 추정)에서 부터 재계산하여 조건을 만족하여야만 최대부하시 냉방부하를 충분히 해결하게 된다.

◇ 방열사이클에서 냉방부하에 필요한 온도가 낮을수록 더낮은 대수평균온도차가 요구되어 순간방열용량이 냉방부하를 감당할 수가 없는 경우도 있어 축열조의 용량이 더욱 커져야 함을 설계시 주의하여야 한다. 즉 축열조의 출구온도가 낮을수록 축열조의 용량이 더욱 커지므로, 축열조의 출구온도가 지나치게 낮지 않도록 하여야 할 것이다.

4) 4단계 : 필요한 제빙용량 계산

◇ 3단계에서 확정된 축열(제빙)용량과 축열(제빙)시간을 사용하여 제빙조건에서의 냉동기용량(=축열용량÷축열시간)을 계산한다.

빙축열시스템

빙축열시스템 사공사례(4)

- ◇ 축열시간은 향후 용량의 증가시 냉동기의 추가설치를 배제하기 위하여 최소시간이 되도록 한다.
- 5) 5단계 : 축열시 최대수평균온도차 계산
 - ◇ 설계축열시간에 100% 제빙이 가능하도록 적합한 대수평균온도차를 축열조 제빙곡선에서 찾는다.
- 6) 6단계 : 냉동기 온도범위 결정
 - ◇ 제빙시 냉동기의 온도범위는 5단계에서의 최소대수평균온도차보다 크도록 선정되어야 한다.
 - ◇ ICE-BALL시스템에서는 일반적으로 축열조 입구온도를 $-4.5^{\circ}\text{C} \sim -1.5^{\circ}\text{C}$ 로 설계된다.
- 7) 7단계 : 냉동기 선정
 - ◇ 6단계에서의 온도범위로 4단계에서의 제빙용량을 지닌 냉동기를 선정한다. 유량은 냉동기의 사용한계에 의하며, ICE-BALL의 성능에 영향을 주지 않도록 해야 한다.
 - ◇ 냉동기의 선정은 농도가 최소 25%이상인 글리콜용액에 입각해야 한다.
- 8) 제빙시간이 8시간이내로 설계할 경우, 축열에너지의 효과적인 사용을 위하여 과도한 축열용량이 설계될 수도 있다.
- 9) 축열조 설계
 - ◇ ICE-BALL은 압력용기 및 개방형 탱크에 채울 수 있는데, 압력용기는 지상설치 또는 매설할 수 있으며 일반적으로 강재탱크로 제작된다. 그러나 개방형탱크는 콘크리트로 제작할 수도 있다.
 - ◇ 밀폐형 탱크는 가장 소형의 축열조로서 RT-HR당 $0.057\text{m}^3 (2\text{ft}^3)$ 의 공간이 소요되며, ICE-BALL의 부력에 따른 여유공간과 상하부분배배관헤드가 설치된다. 따라서 실제로 RT-HR당 $0.064\text{m}^3 (2.25\text{ft}^3)$ 의 공간을 필요로 하는데, 원통형일 경우 직경은 2~5M로 사용공간에 따라 여러개로 나누어질 수 있으며, 압력손실수두는 탱크당 약 2M가 된다.
 - ◇ ICE-BALL내의 물이 얼면 움푹파인 부위가 팽창되는데 이에따라 증가되는 글리콜용액을 배제시키기 위하여 밀폐식 탱크의 경우는 별도의 수위제어용 팽창탱크가 필요하며 축열조

와 멀리 떨어져 있어도 무방하다. 개방형 탱크는 밀폐형 탱크와 비교시 동일용량에서 더 많은 공간이 소요되는데 이는 제빙시 부피증가가 상부 자유면 전체에 이루어지기 때문이며, BALL의 부력을 방지키 위해 그리드(Grid)가 설치되기도 한다. 이때 소요되는 공간은 RT-HR당 약 $0.078\text{m}^3 (2.75\text{ft}^3)$ 정도이다. 축열량은 글리콜용액의 수위변화로 조정하게 된다.

다. 설계예제(전체축열의 경우)

- ◇ 설계를 위하여 아래와 같이 설계조건을 가정한다.
- ◇ 설계냉방부하

시 간	냉방부하(방열부하)	방 열 누 계(%)
08 : 00	1,500 RT-HR	1,500 RT-HR (9%)
09 : 00	1,250 RT-HR	2,750 RT-HR (17%)
10 : 00	1,000 RT-HR	3,750 RT-HR (23%)
11 : 00	1,250 RT-HR	5,000 RT-HR (31%)
12 : 00	1,500 RT-HR	6,500 RT-HR (41%)
13 : 00	2,000 RT-HR	8,500 RT-HR (53%)
14 : 00	2,250 RT-HR	10,750 RT-HR (67%)
15 : 00	2,000 RT-HR	12,750 RT-HR (80%)
16 : 00	1,750 RT-HR	14,500 RT-HR (91%)
17 : 00	1,500 RT-HR	16,000 RT-HR (100%)

- ◇ 축열조 입출구온도 : $12^{\circ}\text{C} \Rightarrow 7^{\circ}\text{C}$
- ◇ 최대순간부하 : 2,250RT
- ◇ 일최대부하 : 16,000RT-HR

1) 1단계

$$\text{◇ 설계 LMTD} = \frac{(12-7)}{\text{Ln}(12/7)} = 9.28$$

2) 2단계

- ◇ 여유를 고려하여 16,000RT-HR부하에 90% 계수를 적용하여 축열용량을 추정하면 $16,000\text{RT-HR} \div 0.9 = 17,778\text{RT-HR}$
- ◇ 91% 방열시 순간방열곡선에서 방열비율을 찾으면 $0.16\text{RT}/\text{RT-HR}$ 가 된다. 따라서 순간방열용량 : $0.16\text{RT}/\text{RT-HR} \times 17,778\text{RT-HR} = 2,844\text{RT} > 1,500\text{RT}$
- ◇ 순간방열용량이 필요한 1,500RT보다 크므로 균형점을 찾을 때까지 축열용량을 반복추정하면 용량은 감소될 수 있다.

- ◇ 96% 계수를 적용하면 $16,000\text{RT-HR} \div 0.96 = 16,667\text{RT-HR}$
91% 방열시 순간방열곡선에서 방열비율을 찾으면 0.091RT/RT-HR 가 된다.
순간방열용량 = $0.091\text{RT/RT-HR} \times 16,667\text{RT-HR} = 1,517\text{RT} \approx 1,500\text{RT}$
따라서 축열용량은 $16,667\text{RT-HR}$ 로 설계된다.

3) 3단계

- ◇ 이는 계속적인 반복추정을 통하여 얻어지며, 최대일부하 $16,000\text{RT-HR}$ 와의 차이 667RT-HR 은 축열조의 여유로 냉방에 사용할 수 있으나 방열종단에서 $1,500\text{RT}$ 의 순간방열량을 유지하기 위해서는 사용될 수 없는 경우도 있게 된다.

- ◇ 최대순간부하가 발생하는 14:00시의 경우 61% 방열하였을 때 $2,250\text{RT}$ 를 방열할 수 있는지를 확인해야한다.

- ◇ 61% 방열시 순간방열곡선에서 방열비율을 찾으면 0.26RT/RT-HR 가 되므로 순간방열용량 = $0.26\text{RT/RT-HR} \times 16,667\text{RT-HR} = 4,333\text{RT} > 1,500\text{RT}$

따라서 축열용량은 충분하다고 판단된다.

- ◇ 80% 방열하였을 경우도 확인하여 본다.

4) 4단계

- ◇ 제빙시간을 10시간으로 할 경우 제빙용량은 아래와 같이 계산된다.

$16,667\text{RT-HR} \div 10\text{HR} = 1,667\text{RT}$

5) 5단계

- ◇ 제빙곡선에서 10시간에 100% 제빙을 완료할 수 있는 최소 LMTD를 찾으면 2.4°C 가 된다.

6) 6단계

- ◇ 냉동기 출구온도를 -4.4°C 로 할 때의 LMTD가 2.4°C 보다 크도록 입구온도를 설정하면, -1.4°C 일 때 LMTD가 2.62°C 이므로 적합하다.

7) 7단계

- ◇ $-4.4/-1.4^\circ\text{C}$ 의 온도조건에서의 $1,667\text{RT}$ 용량의 냉동기를 선정한다.

III. 시공사례

삼성빌딩

1. 건물 개요

건물명	삼성빌딩
소재지	서울특별시 중구 을지로 1가 50번지
준공일	1965년 12월 27일
연면적	3,880평
층수	지하 2층, 지상 11층, 옥상 2층
용도	사무실

2. 설계 조건

항목	설계내용	비고
시스템구분	ICE BALL 시스템	
축열구분	부분축열(축열조 우선방식)	
최대순간부하	350 USRT	
최대일부하	3,274 TON-HR	
운전시간	계빙	23:00~07:00(8Hr)
	해빙	07:30~18:30(11Hr)
온도조건	1차측	$4.4^\circ\text{C}/10^\circ\text{C}$
	2차측	$7^\circ\text{C}/12^\circ\text{C}$
1차측냉매	30% 에틸렌글리콜용액	브라인
요급적용전력	심야전력(을)	

3. 장비 개요

3-1 냉동기

형식	왕복동식	수량	1대
용량	224RT(범정온: 110.8)	냉매	R-22
유량	증발기 3,300 LPM	전원	압축기 440V-3PH-60HZ
	응축기 2,000 LPM		제어 115V-1PH-60HZ

3-2 축열조

형식	F.R.P 각형	수량	1대	
축열량	1,200 RT-HR	크기	가로	5.4M
BALL수량	88,000 EA		세로	5.0M
축열율	37%		높이	3.4M
제빙율	58.3%	용량	91.8 m^3	

3-3 열교환기

형식	판형(PLATE TYPE)	수량	1대	
용량	350RT	전열면적	128.7 m^2	
PLATE수량	101매	PLATE재질	SUS 316	
패스수	1PASS	운전중량	2.74TON	
2차측	유체	물	유체	30% E.G
	입구온도	12C	입구온도	4.4C
	출구온도	7C	출구온도	10C
	유량	3,600LPM	유량	3,300LPM
1차측	압력손실	6.7M-AQ	압력손실	7.0M-AQ

빙축열시스템

빙축열시스템 공사사례 (4)

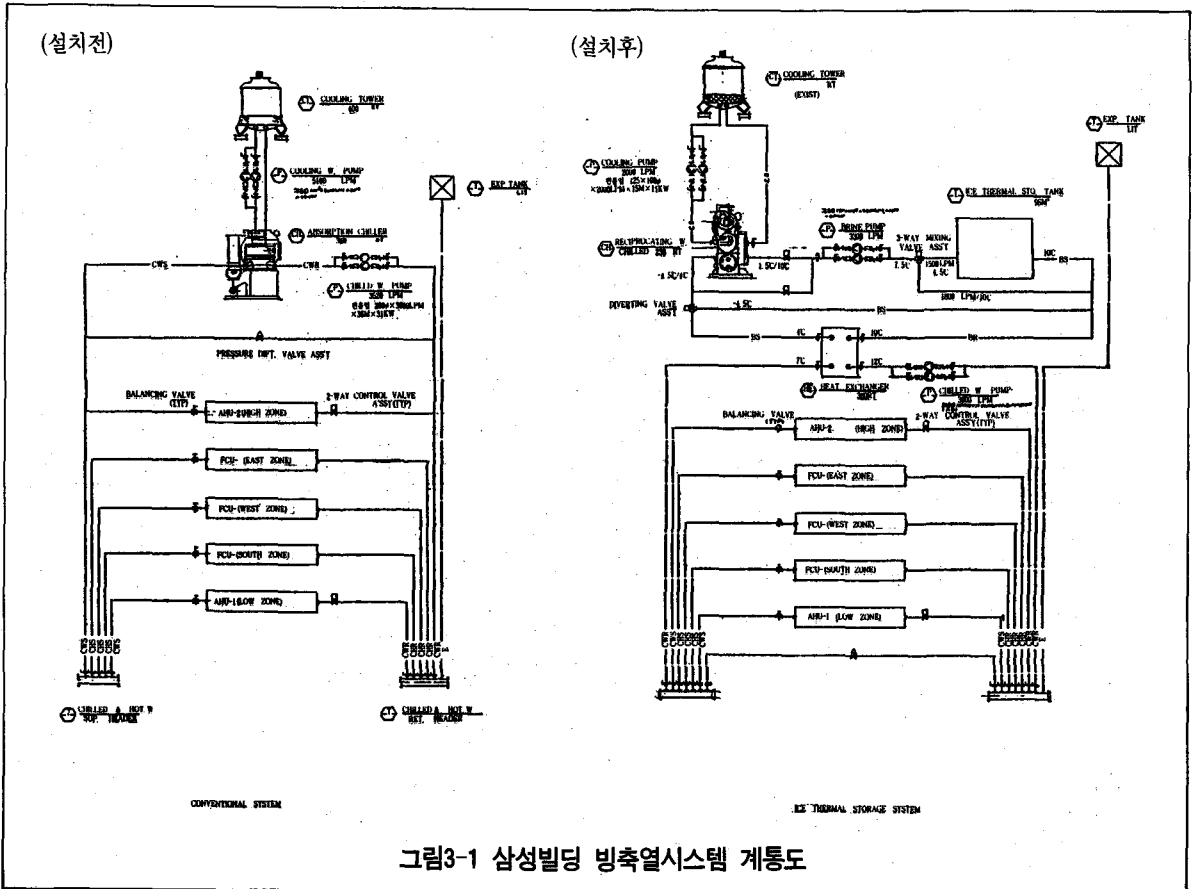
3-4 냉각탑

3-5 펌프류

형식	용량	수량	FAN 동력	전압	비고
원형 F.R.P	2,345,000 KCAL/HR	1대	15KW	440V-3PH-60HZ	기준

구분	형식	유량 (LPM)	양정 (M)	관경 (M/M)	동력 (KW)	전압 (V-PH-HZ)	수량	비고
냉각수 보류탱크	단단	2,000	15	125×100	15	440-3-60	2대	
	브류트	3,300	44	150×100	37	440-3-60	2대	
		3,600	36	150×100	37	220-3-60	2대	기준

4. 시스템 계통도



5. 경제성 분석

[공사전]

◎ 삼성빌딩 운전실적 분석

[공사후]

- 1) 삼성빌딩의 '89년도 흡수식냉동기 (350RT) 의 에너지비용 (GAS, 전기)
GAS 사용량 : 127,090N/m³

사용금액 : 23,011,000원

전기사용량 : 32,436KWH

사용금액 : 2,247,000원

기본요금 : 3,883,000원

사용요금계 : 29,141,000원

※ '89년도의 삼성빌딩 총 에너지비용은 29,141,000원으로 나타남. 가동기간은 6월~9월까지 4개월.

표 경제성 분석 [공사전]

구분	일반시스템	빙축열시스템	비고		
주요장비	냉동기	TURBO 350RT (263KW)	RECIPRO 224RT (177KW)		
	축열조	-	1,200TON-HR		
	열교환기	-	350RT		
	냉각탑	600RT×15KW	600RT×15KW	기존이용	
	냉각수펌프	37KW	11KW		
	브라인펌프	-	37KW		
	냉수펌프	37KW	37KW	기존이용	
	최대전력 (계약전력)	315KW (382KW)	240KW (287KW)	PEAK SHIFT : 95KW	
	냉동기	76,900	34,934	* 금액단위: 천원	
	축열조	-	69,608		
초기투자비	열교환기	-	14,700		
	설비공사	48,800	60,960		
	자동제어	7,000	20,000		
	전기공사	29,572	18,600		
	기타	3,100	13,197		
	소계	165,372	231,999	투자비차액: 66,627	
	운전	기본요금	18,541	2,467	
	비	사용요금	6,482	8,382	
소계	25,023	10,849	운전비차액: 14,174		
투자비회수기간			4.7년		

2) '90년도 빙축열시공후 운전요금(계약전력 287KW)

전기사용량(심야) : 117,500KWH

사용요금 : 2,855,000원

전기사용량(주간) : 137,100KWH

사용요금 : 8,377,000원

기본요금 : 3,390,000원

사용요금계 : 14,622,000원

※ '90년도 빙축열시공후의 연간 운전요금 절감액은 14,519,000원이며 91년도에는 운전프로그램의 보완과 관리수준 향상으로 약 15,628,000원의 절감액을 가져왔다. (삼성빌딩 에너지비용계산 참조)

이러한 운전비용 절감으로 볼때, 초기투자비 증가분 66,627,000원에서 한전지원금 22,800,000원을 제외하면 실질적 투자비증가는 43,827,000원이며, 이를 연간절감액 평균 15,000,000원으로 볼때, 약 2.9년 정도면 투자비 회수가 가능하리라고 본다.

◇ 삼성빌딩 에너지사용실적 비교

구분	1-5월	6월	7월	8월	9월	10-12월	계	비고	
89년도 흡수식냉동기 (삼성빌딩)	가스사용량(NM3)	0	16,029	42,609	51,026	17,426	0	127,090	가스요금단가(6-8월) 176.25원 (기타) 211.34원
	금액	0	2,825	7,510	8,993	3,683	0	23,011	
	전기사용량(KWH)	0	4,462	10,673	12,591	4,710	0	32,436	계약전력 80KW
	금액	0	325	777	917	228	0	2,247	계약전력단가 4045원/KW
	전력기본요금	1,618	324	324	324	324	971	3,883	사용전력요금(6-8월) 72.8원/KWH
	계	1,618	3,474	8,610	10,234	4,235	971	29,141	(기타) 48.5원/KWH
90년도 빙축열시스템 (삼성빌딩)	전기사용량(심야)	0	19,000	45,800	29,100	23,600	0	117,500	계약전력 287KW
	금액	0	462	1,113	707	573	0	2,855	계약전력단가 4045원/KW
	전기사용량(기타)	0	22,100	33,600	57,200	24,200	0	137,100	사용전력요금(심야) 24.3원/KWH
	금액	0	1,350	2,053	3,495	1,479	0	8,377	(기타) 61.1원/KWH
	기본전력요금	574	624	491	769	588	344	3,390	
	계	574	2,436	3,657	4,971	2,640	344	14,622	
91년도 빙축열시스템 (삼성빌딩)	절감액	1,044	1,038	4,954	5,263	1,595	626	14,519	
	전기사용량(심야)	0	4,500	25,800	33,300	36,400	0	100,000	
	금액	0	109	627	809	885	0	2,430	
	전기사용량(기타)	0	4,900	25,800	46,600	47,800	0	125,100	
	금액	0	299	1,576	2,847	2,921	0	7,644	
	기본전력요금	574	605	580	677	659	344	3,439	
계	574	1,014	2,783	4,333	4,464	344	13,513		
절감액	1,044	2,460	5,827	5,900	(229)	626	15,628	* 빙축열시스템 설치에 따른 에너지절감액	
평균 절감액	1.044	1,749	5,390	5,581	683	626	15,073		