

대우캐리어 아이스렌즈 타입 (ICE LENS TYPE) 시스템 소개 및 시공 사례

글/김경훈 <대우캐리어(주) 마케팅부 부장>

1. 시스템 소개

1) 개념

HVAC에 적용하기 위하여 특별히 설계된 축냉시스템으로 이 시스템은 설치와 운전이 대단히 단순하고 높은 효율을 부여하기 위해 캡슐화된 아이스 개념을 이용한 것이다. 캡슐화된 아이스 개념은 아이스렌즈 유니트라고 불리는 고밀도 플라스틱 용기에 순수로 가득 채워져 있고, 저장탱크(STORAGE MODULE)라고 하는 단열된 강제 탱크안에 벽돌과 같이 쌓여져 있다.

심야시간동안 -4.5℃ 정도의 낮은 브라인을 아이스렌즈 사이로 순환시켜 아이스렌즈를 제빙시키고, 낮 시간 또는 부하가 요구될 때는 온도가 상승된 브라인이 아이스렌즈 사이로 순환되어 캡슐화된 얼음은 녹고, 건물은 냉방이 된다. 심야시간동안 저장탱크(STORAGE MODULE)가 축열될 때 브라인은 냉동기에 의해 적정온도로 냉각되고, 이 냉동기는 비축열시스템의 피크 냉방부하를 맞출수 있는 일반 냉동기보다 일반적으로 50% 정도 작게 선정된다.

2) 시스템 설명

축열하는데 있어 신뢰성이 있고, 단순한 방법을 쓰고 있으며, 이 시스템은 증발기에 얼음을 저장하는 개념을 완전히 바꾸어 얼음을 캡슐화 시키는 개념을 도입한 것이다. 이 결과, 축열 효율이 높아지고, 시스템의 설치와 운전이 대단히 단순하게 되어있다. 시스템 구성은 다음 5개의 중요 요소로 구성되었다.

- 1) 아이스렌즈 유니트(ICE LENS UNIT)
- 2) 저장탱크(STORAGE MODULE)
- 3) 인벤토리 시스템(INVENTORY SYSTEM)
- 4) 냉동기(BRINE RECIPROCATING CHILLER, CENTRIFUGAL CHILLER, MINI SCREW CHILLER)

5) 열교환기(HEAT EXCHANGER)

아이스 렌즈 유니트는 몰드화된 폴리에틸렌 용기로 서 현장에서 순수로 채워지게 된다. 캡슐류로 유니트를 밀봉처리한 다음 단열된 저장 탱크안에 벽돌같이 쌓이게 되고 축열시간동안 브라인을 아이스렌즈 사이로 순환함으로써 그것을 제빙시키고, 얼음이 형성될 때, 아이스렌즈는 팽창된다. 이 팽창은 저장탱크로부터 인벤토리 시스템으로 들어가는 브라인의 양을 변위시키는데 그 크기는 아이스렌즈 유니트안의 순수 용적의 약 9%와 같으므로 저장 탱크안의 제빙용량을 신뢰성있게 측정할 수 있다.

방열 사이클(DISCHARGE CYCLE) 동안 아이스렌즈 유니트안의 얼음은 냉각부하에 의해 녹아 아이스렌즈 본래의 형태로 돌아가고, 이 결과로 인벤토리 시스템의 용액은 점차로 저장탱크로 이동하게 된다.

아이스렌즈는 수많은 제빙 및 방열 사이클에 견디도록 설계되었으며, 강제 저장탱크 만큼 긴 수명을 가지고 있다.

저장 탱크는 캡슐화된 아이스렌즈 유니트로 구성되어 있고, 보온재를 붙인 강제 탱크로서 충분한 강도를 가지고 있다.

표준 저장 탱크의 크기는 저장범위가 90-4, 244 (TON, HRS)가 있고, 설계치를 초과하면 복수의 저장탱크 방식이 적용된다.

저장 탱크 내의 헤더(HEADER)와 PVC 바플(BAFFLE)은 브라인이 아이스렌즈 유니트 사이를 통과하여 축열과 방열을 균일하게 되도록 액을 유도하고, 저장탱크는 실내 및 실외에 설치할 수 있을뿐만 아니라 직접 매립시킬 수 있으므로 장소에 제한이 없다.

인벤토리 시스템은 건물내의 브라인 시스템의 가장 높은 곳에 설치된 수액기(TOPPING RECEIVER)와 인벤토리 모듈(INVENTORY MODULE) 및 저장탱

빙축열시스템

빙축열시스템 공사사례(3)

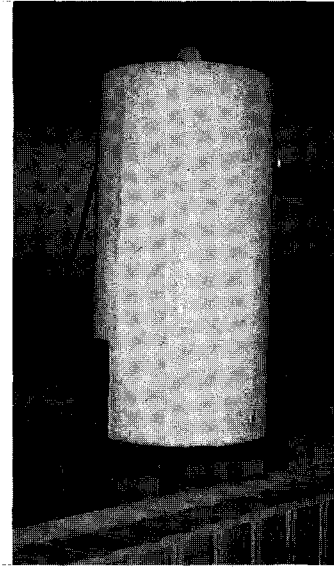
크(STORAGE TANK)에 작은 관으로 연결되어져 구성된다. 축열(제빙) 기간동안 아이스렌즈 유닛트는 얼며 저장탱크 내부에서 팽창한다.

이 과정에서 브라인 용액은 수액기로 이동하게 되는데, 이 수액기는 건물내 브라인 시스템의 가장 높은 위치에 설치되고 대기로 공기를 배출할 수 있도록 되어있다.

수액기는 오버플로우관이 보다 낮은 위치에 설치된 인벤토리 모듈에 연결되어 있어 오버플로우된 브라인 용액은 중력에 의해 인벤토리 모듈로 이동된다.

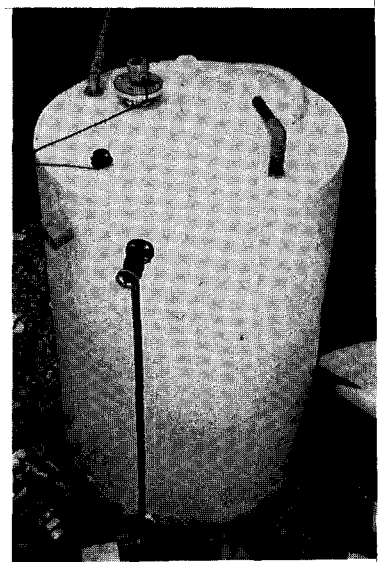
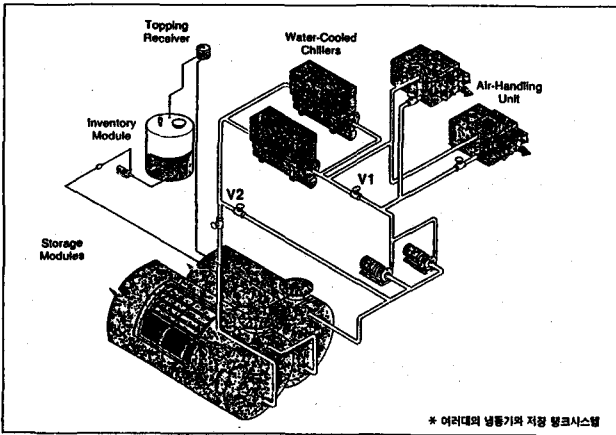
이러한 브라인 용액의 이동은 축열 사이클 동안 계속된다.

일단, 제빙이 완전히 끝나면 브라인 용액의 이동은 중지되고, 인벤토리 모듈안의 레벨콘트를 또는 축열 후 어떤시간에도 측면에 부착된 게이지 글라스(GAGE GLASS) 안에 액레벨에 의해서 축열된 정도를 측정할 수 있다.



수액기(TOPPING RECEIVER)

시스템 개요도



인벤토리 모듈(INVENTORY MODULE)

이 게이지 글라스는 저장 탱크가 최초로 축열하는 동안 현장에서 눈금을 매기게 되며, 축열되는 얼음의 양은 눈금이 매겨진 게이지 글라스 용액의 정도에 비례하게 되고, 수액기와 인벤토리 모듈에는 제어를 위하여 최소한의 레벨을 관리하여야 한다.

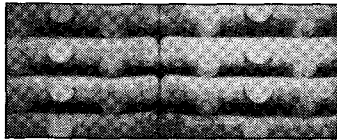
방열하는 동안, 얼음이 녹아서 아이스렌즈는 본래의 용적으로 되고, 이로인해 수액기의 용액 레벨이 떨

어지게 되어 수액기안의 레벨 스위치는 인벤토리 펌프에 신호를 보낸다.

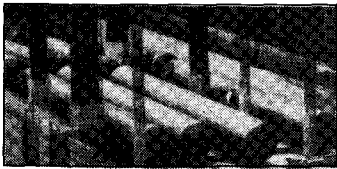
방열하는 동안, 인벤토리 펌프 시스템은 용액을 회수시키고 수액기에 최소한의 레벨을 유지시키기 위하여 펌프를 ON, OFF를 계속한다. 인벤토리 시스템은 펌프, 센서, 게이지글라스등과 함께 구성되며, 유니트는 현장에서 보온된다.

- 3) 시스템 운전
- 1) 축열(CHARGING)
 - 2) 축열과 라이브로드 칠링(CHARGING AND LIVE-LOAD CHILLING)

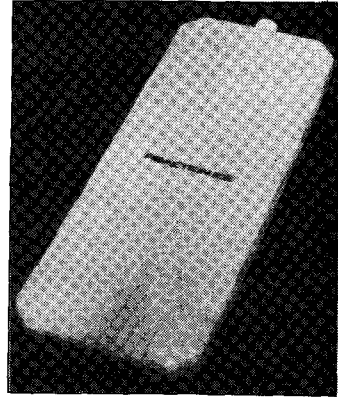
- 3) 라이브로드 칠링(LIVE-LOAD CHILLING)
- 4) 라이브로드 칠링과 방열(LIVE-LOAD CHILLING AND DISCHARGING)



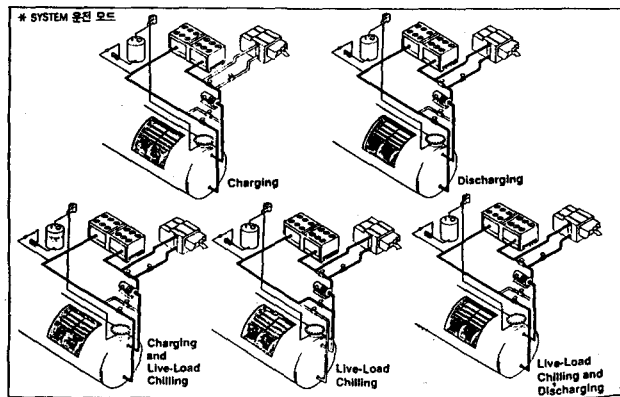
아이스렌즈 유닛(ICE LENS UNITS)



12,000 (TON-HRS) 용량의 저장탱크 MRS



아이스렌즈 (ICE LENS)



2. 시공사례

1) 서론

한국전력의 빙축열 보급정책에 부응하여, 당사에서 수주한 한국전력 빙축열 시스템을 제천지점 사옥에 설치 시운전하였다.

빙축열 시스템의 성능은 핵심요소인 빙축열조(STORAGE MODULE)의 성능에 크게 좌우되며, 빙축열조 성능에 관계되는 요인으로는 축열조의 보냉, 냉동기의 용량, 빙축운전 시간 등이고, 주간운전

시 PEAK LOAD를 감당할 수 있도록 설계된 축열조의 최대 방열량도 고려되어야 할 것이다.

본 실험에서는 빙축열조의 축열능력과 냉동능력, 소비전력등을 검토하였고, 주간 부하가 없어 방열 운전상태만 확인하였다.

2) 실험전 준비

본 실험(시운전)에 관련된 한국전력 제천지점의 시간대별로 부하량은 <표 1>과 같고, 적용시스템은 <그림 1>의 배관계통도에 나타난 것과 같다.

3) 실험

빙축열시스템

빙축열시스템 사공사례(3)

〈표 1〉 냉각부하 및 운전 전략표

(8월 기준)

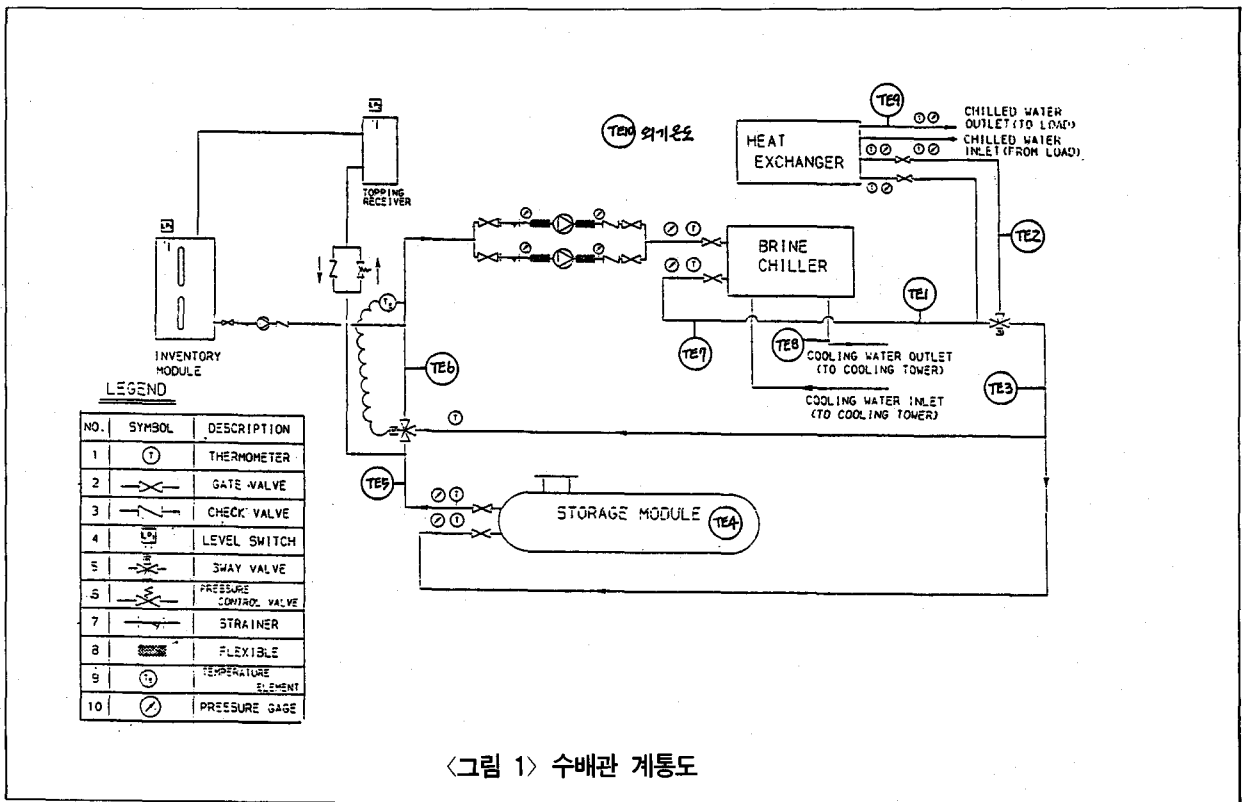
시 간	설 계 일 용량(TONS)	운 전 모 드		
		축 열	차 림	방 열
12-1 AM		37		
1-2		37		
2-3		37		
3-4		37		
4-5		37		
5-6		37		
6-7		37		
7-8		37		
8-9(8:30)	28		20	8
9-10	72		40	32
10-11	73		40	33
11-NOON	75		40	35
12-1 PM	76		40	36
1-2	88		40	48
2-3	89		40	49
3-4	93		40	53
4-5	91		40	51
5-6(5:30)	43		20	23
6-7				
7-8				
8-9				
9-10				
10-11		37		
11-12		37		
합 계	728	370	360	368

(1) 설치개요

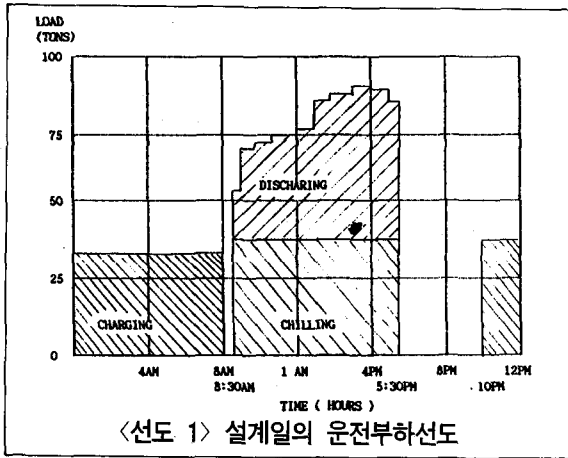
- 1) 건 물 명 : 한국전력 사옥(KEPCO OFFICE BUILDING)
- 2) 장 소 : 충북 제천지점
- 3) 건물면적 : 5,400M²(지하 1층, 지상 4층)
- 4) 실내 냉방조건 : 26℃ DB, 50% RH
- 5) 운전시간
 - 주간 : 08 : 30-17 : 30(9Hr)
 - 야간 : 22 : 00-08 : 00(10Hr)
- 6) 1일 최대 냉방 부하 : 2,200,000Kcal/day
- 7) 시간 최대 냉방 부하 : 280,000Kcal/hr
- 8) 축 열 율 : 50%

(2) 실험장비

공조용 빙축열 시스템은 STORAGE MODULE, BRINE CHILLER, INVENTORY MODULE, TOPPING RECEIVER 등으로 구성되고, BRINE이 SYSTEM의 부하(LOAD)측과 직접 연결되지 않고 판형 열교환기를 이용하도록 구성되었고, 실험장비의 사양은 〈표 2〉와 같다.



〈그림 1〉 수배관 계통도



빙축열 시스템 구성품중 STORAGE MODULE은 내부에 설치된 ICE LENS UNIT와 PVC BAFFLE로 썬 칸막이 되어져 4PASS로 구성되었고, IN-VENTORY MODULE은 빙축 운전시 ICE LENS가 체적팽창되어 TOPPING RECEIVER를 통해 넘어오는 BRINE량을 저장하며, 증가된 BRINE LEVEL에 의해 빙축열을 확인할 수 있고, 해빙시(주간운전) 배관계통내에 부족한 BRINE을 공급할 수 있도록 IN-VENTORY PUMP가 설치되어 있다.

CHILLER는 주·야간 운전이 가능하도록 BRINE CHILLER를 사용하였다.

BRINE CHILLER의 주간운전 조건은 BRINE 출

〈표 2〉 실험장비 사양

ITEM	MODEL	CAPACITY	DIMENSION	Q'TY (EA)	REMARKS
STORAGE MODULE	SM400C	400 TON-HR	2134*L6500	1	MATERIAL : SS41 ICE LENS : IMPORT
BRINE CHILLER	30BK060 (왕복동식)	52RT (DAY) 37 (NIGHT)	W810*L2420*H1420	1	WATER COOLER TYPE
COOLING TOWER	DCT-60R	60RT	1790*H2515	1	MATERIAL : FRP
BRINE PUMP	HES65-200	7.5HP	2380*L910*H505	2	740 LPM
COOLING PUMP	"	"	"	"	780 LPM
HEAT EXCHANGER	DHE200H-113	93RT	2690*L1400*H1710	1	PLATE TYPE
INVENTORY MODULE	IVM550P	2135	1200*H2000	1	MATERIAL : FRP
TOPPING RECEIVER	TR-30P	117	500*H900	1	MATERIAL : FRP
INVENTORY PUMP	PD-405	0.4KW	-	2	
MCC PANEL	-	-	W500*L2100*H2350	1	

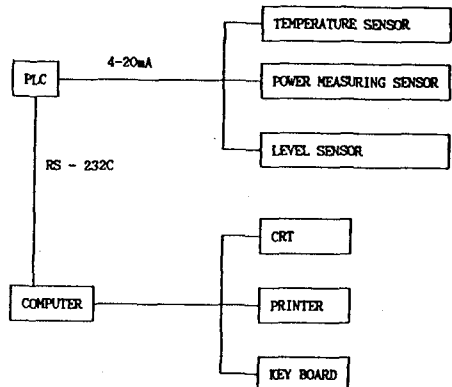
구온도 3°C이고, 야간운전 조건은 BRINE 출구온도 -5°C를 기준으로 적용하였다.

(3) 측정장치

본 실험 측정항목은 온도, 유량, 소비전력 및 빙축량을 측정하기 위한 INVENTORY MODULE의 수면 LEVEL 등이다.

측정 장치는 RTD SENSOR, LEVEL CONTROLLER, 초음파 유량계, 비중계등을 이용하였고, 간이적으로 온도계와 압력계도 설치하였다.

측정은 〈그림 2〉와 같이 PLC와 COMPUTER를 이용하여 측정값을 얻었고, 측정부위 및 항목 등은 〈그림 1〉에 나타난 것과 같다.



〈그림 2〉 DATA ACQUISITION SYSTEM

빙축열시스템

빙축열시스템 시공사례 (3)

(4) 실험방법

정하여진 심야시간대 22:00-08:00(10시간)에 빙축운전을 시작으로, 기타 시간대(심야 시간을 제외한 주간 냉방운전 시간)에 방냉하는 시스템이다.

빙축운전 시에는 냉동기 측의 BRINE 출구 온도를 -5℃에 SETTING시킨후, 야간 빙축운전 모드로 하여 BRINE을 순환시켜 축열조 내의 ICE LENS를 빙축시키는 방법이고, 냉방운전시에는 먼저 축열조를 통과시킨 다음 냉동기를 통과시켜 차가워진 BRINE을 판형 열교환기와 열교환시키는 방법이다.

3. 결과 및 고찰

1) 실험결과

(1) 온도 측정

빙축운전은 주간 야간운전 모드로 실시하였으나 외기 온도가 낮아 냉각수 조건이 표준조건보다 거의 10℃가 낮은 상태였으므로 <표 3>과 <선도 2~5>와 같이 나타났다. 주간 냉방운전은 신축 건물인 관계로 상주 인원이 없고, 계절적인 영향으로 부하가 없어, BOILER를 가동시키면서 시스템 운전 상태만 확인할 수 있었다.

(2) 유량 측정

유량 측정은 초음파 유량계를 이용하여 비교적 배관 흐름상태가 안정된 축열조 입구 배관에서 실시하였다.

유량은 빙축이 시작되면서 변동이 생겼는데 ICE LENS가 열기 시작하는 상태에서 유속이 조금씩 줄어들기 시작하는 것을 알 수 있었다.

(3) 소비전력 계산

소비전력은 측정되었으나 DATA 값이 정확하지 않아, 측정된 전류, 전압등을 이용하여 아래와 같이 계산하였다.

$$P = \sqrt{3} EI \cos\theta \quad \text{여기서 } P(\text{입력}) : \text{KW}$$

$$E(\text{전압}) : \text{V}$$

$$I(\text{전류}) : \text{A}$$

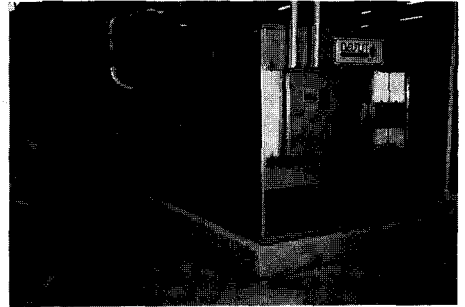
$$\cos\theta(\text{역률}) : 0.9$$

단, $\cos\theta$ 는 역률개선용 콘덴서(진상 콘덴서) 90%용을 설치하였으므로 0.9로 계산하였다.

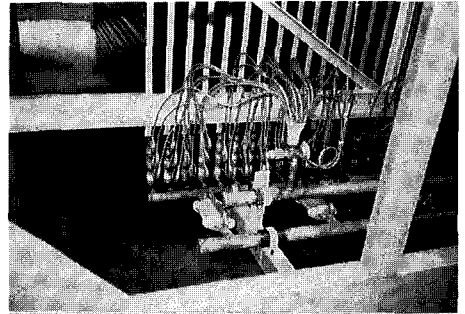
(4) 빙축량 측정

빙축량 측정은 INVENTORY MODULE의 초기 LEVEL을 설정하여 빙축운전으로 상승한 BRINE

LEVEL 차로 측정하였고, 아래의 <표 3> 및 <선도 5>와 같이 나타났다.



기아타운에 설치된 빙축열냉동기 IGC 160(냉각용량 241.8R/T)



제빙판과 저장된 얼음

<표 3> 측정온도 및 LEVEL 값

	TE 1	TE 3	TE 5	TE 7	TE 8	TE 9	LEVEL
22:00	0.70	1.60	3.90	4.40	17.90	18.20	8.30
23:00	-3.30	-3.20	-0.70	-0.10	27.40	20.40	6.80
24:00	-0.70	0.00	-0.60	-0.40	23.10	20.50	8.40
01:00	-4.00	-3.70	-1.50	-0.90	26.60	20.20	11.70
02:00	-1.60	-1.80	-1.90	-1.50	22.50	19.90	18.30
03:00	-4.90	-4.90	-2.40	-1.90	27.20	19.60	25.10
04:00	-5.10	-4.70	-2.30	-2.02	26.70	20.50	31.70
05:00	-5.40	-4.90	-2.90	-2.50	25.70	21.80	38.00
06:00	-5.60	-4.90	-3.30	-2.70	25.00	21.50	46.60
07:00	-5.80	-5.40	-3.30	-2.90	24.60	20.80	53.00
08:00	-6.00	-5.80	-3.40	-3.20	24.60	20.00	60.70
09:00	-6.20	-5.90	-3.80	-3.40	24.50	19.70	68.70
10:00	-6.40	-6.00	-4.00	-3.70	24.20	19.40	75.10
11:00	-5.20	-4.50	-3.80	-3.40	18.40	18.30	81.40
11:45	-4.80	-4.50	-3.70	-3.30	17.80	17.70	86.20

여기서 TE 1: 냉동기 출구온도(℃)

TE 3: 축열조 입구온도(℃)

TE 5: 축열조 출구온도(℃)

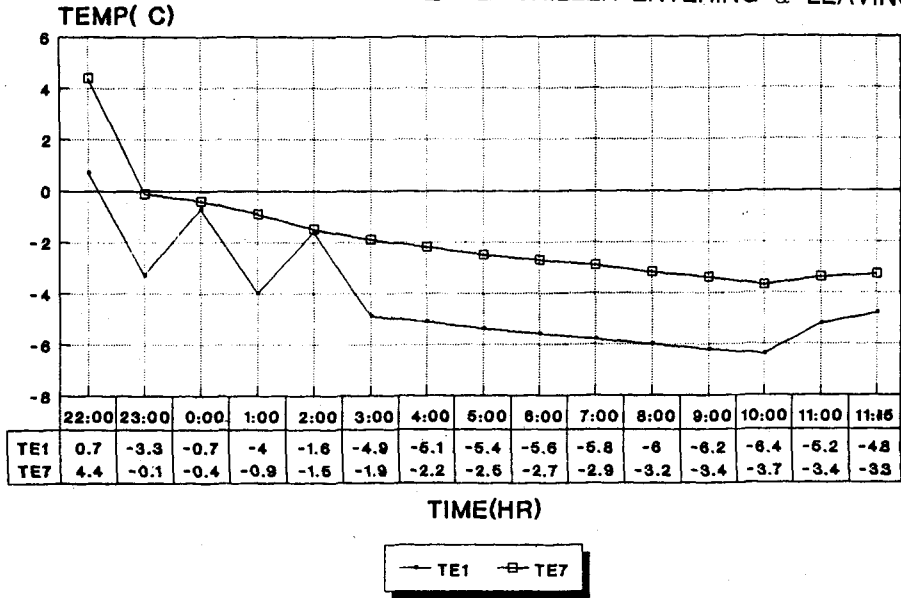
TE 7: 냉동기 입구온도(℃)

TE 9: 외기온도(℃)

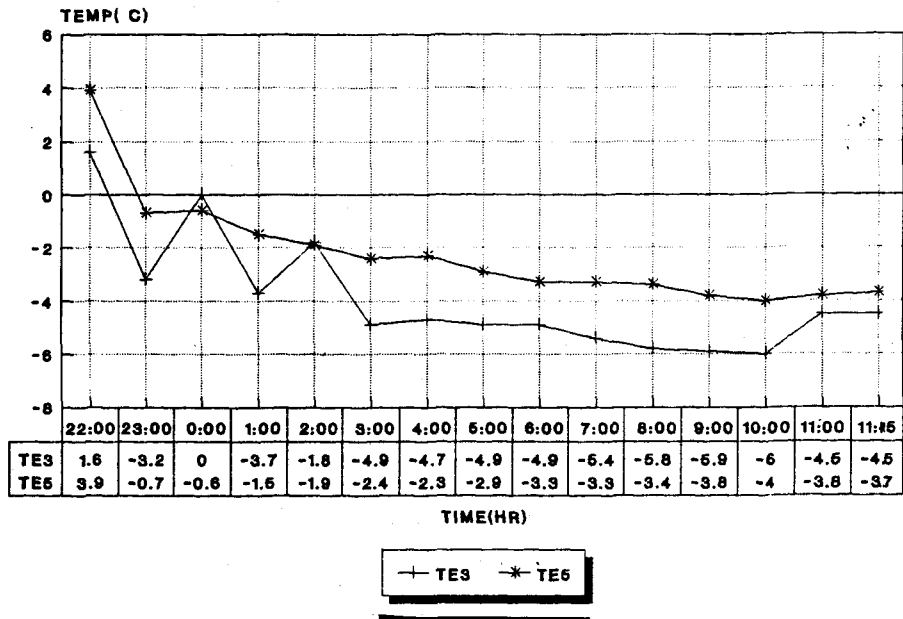
LEVEL: 빙축에 의한 INVENTORY 수위 LEVEL

ICE STORAGE (KEPCO CHE CHEON OFFICE)

〈선도 2〉 CHILLER ENTERING & LEAVING TEMP.



ICE STORAGE (KEPCO CHE CHEON OFFICE)



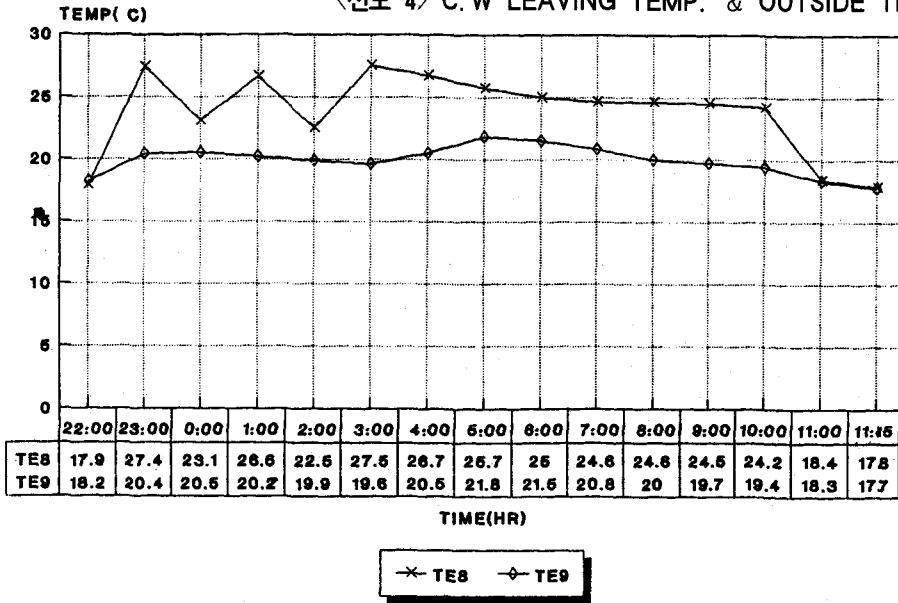
〈선도 3〉 STORAGE ENTERING & LEAVING TEMP.

빙축열시스템

빙축열시스템 시공사례(3)

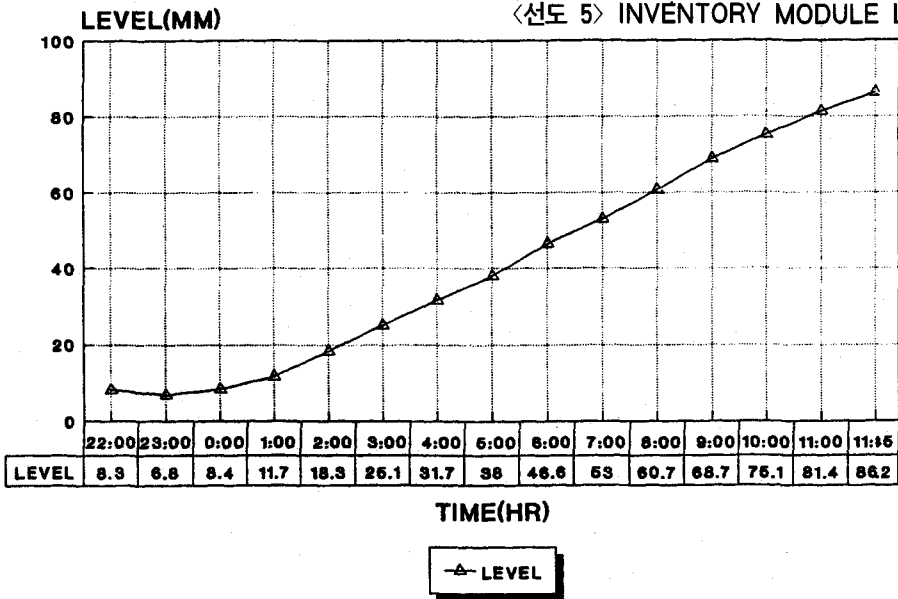
ICE STORAGE
(KEPCO CHE CHEON OFFICE)

〈선도 4〉 C.W LEAVING TEMP. & OUTSIDE TEMP.



ICE STORAGE
(KEPCO CHE CHEON OFFICE)

〈선도 5〉 INVENTORY MODULE LEVEL



〈표 4〉 장비의 소비전력 (INPUT)

TIME	AMPERE (A)	VOLTAGE (V)	INPUT (KW)		
			SYSTEM	CHILLER	OTHERS
22 : 00	87.5	375.8	51.3	43.6	7.7
23 : 00	84.8	376.0	49.7	42.0	7.7
24 : 00	12.7	383.0	7.6	-	7.6
01 : 00	85.5	374.9	50.0	42.3	7.7
02 : 00	12.8	385.6	7.7	-	7.7
03 : 00	85.0	380.0	50.3	42.6	7.7
04 : 00	82.5	380.4	48.9	41.2	7.7
05 : 00	82.8	379.4	49.0	41.3	7.7
06 : 00	82.2	381.0	48.8	41.1	7.7
07 : 00	81.6	382.9	48.7	41.0	7.7
08 : 00	80.4	383.8	48.1	40.4	7.7
09 : 00	81.4	383.2	48.6	40.9	7.7
10 : 00	80.7	380.4	47.9	40.2	7.7
11 : 00	47.4	377.8	27.9	20.2	7.7
11 : 45	47.6	381.0	28.3	20.6	7.7

- 주) 1. 위 항의 AMPERE와 VOLTAGE는 실측 값이고, INPUT는 계산식에 의해 산출된 값임.
 2. INPUT의 OTHERS는 BRINE PUMP, COOLING WATER PUMP 및 COOLING TOWER FAN의 합계 입력임.

〈표 5〉 실험 측정 자료

NO.	시간	브라인냉동기		열 량 (Kcal/h)	외기 온도 (C)	빙축열 시스템		COP	비고	
		브라인온도 (C)				소비전력 (KW)	소비전력 (KW)			
		입구	출구							
1	22 : 00	4.4	0.7	784	160,696	18.2	43.6	51.3	4.29	
2	23 : 00	-0.1	-3.3	762	134,992	20.4	42.0	49.7	3.74	
3	24 : 00	-0.4	-0.7	762	-	20.5	7.6	7.6	-	냉각수
4	01 : 00	-0.9	-4.0	762	130,538	20.2	42.3	50.0	3.59	FLOW SWITCH
5	02 : 00	-1.5	-1.6	762	-	19.9	7.7	7.7	-	작동으로
6	03 : 00	-1.9	-4.9	762	126,263	19.6	42.6	50.3	3.45	CHILLER
7	04 : 00	-2.2	-5.1	752	120,422	20.5	41.2	48.9	3.40	OFF
8	05 : 00	-2.5	-5.4	752	120,393	21.8	41.3	49.0	3.39	
9	06 : 00	-2.7	-5.6	741	118,602	21.5	41.1	48.8	3.36	
10	07 : 00	-2.9	-5.8	731	116,973	20.8	41.0	48.7	3.32	
11	08 : 00	-3.2	-6.0	731	112,911	20.0	40.4	48.1	3.25	
12	09 : 00	-3.4	-6.2	731	112,883	19.7	40.9	48.6	3.21	
13	10 : 00	-3.7	-6.4	731	108,800	19.4	40.2	47.9	3.15	
평균값		-1.74	-4.73	749	123,952	20.2	41.5	49.2	3.47	

2) 고찰

본 실험지인 한전 제천지점 빙축열 시스템은 실험기간이 현장여건으로 예정보다 늦은 10월 중순에 실시되었다. 먼저 '90년 한전 주관으로 실시된 실증 시험시 발생하였던 문제점 등을 보완하여 시스템 설계시부터 반영하여 시스템설치 및 운전에는 큰 어려움이 없었다.

다만, 실증 시험시와 다른점은 판형 열교환기 (PLATE TYPE HEAT EXCHANGER)의 채용,

COMPUTER의 설치 등이고 BRINE은 REACTOL 대신 ETHYLENE GLYCOL (30%)을 적용하였던 점이다.

본 실험에서 주간 냉방 운전은 신축 건물인 관계로 상주 인원이 없고, 계절적인 영향으로 BOILER을 가동시키면서 시스템 운전상태만 확인하였다. 또, 야간 빙축운전은 외기온도가 낮은 상태여서 냉동기측 조건이 상당히 좋아 능력은 좋은 상태였다.

그러나, 하계 (6-8월)의 조건에서 실제 주간 냉방운전 및 야간 빙축운전을 하지 못한게 아쉬웠고, 본 실험에서 검토하지 못했던 사항은 내년 6월로 미루어야 할 것이다.

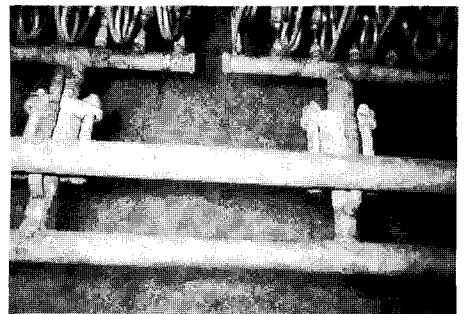
4. 결론

본 빙축열 시스템의 빙축운전 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 냉각수 조건이 표준조건 (32/37C)보다 10C 저하함에 따라 냉동기 능력이 10.7% 증가, 입력이 7.2% 감소되었고, COP는 18%가 향상되는 결과를 보였다.

(2) 빙축운전으로 ICE LENS가 열기 시작한 후, 시스템 내부 수압이 상승되고, 유속이 저하되어 빙축전보다 최종 유량이 14% 정도 감소되는 것을 알 수 있었다.

(3) 판형 열교환기 측에 설치된 3-WAY VALVE가 100% 기밀 유지가 되지 않아, 빙축운전시 열교환기 내부 부하측 냉수의 동결 우려도 배제할 수 없었다.



축열조 내부에 저장된 얼음