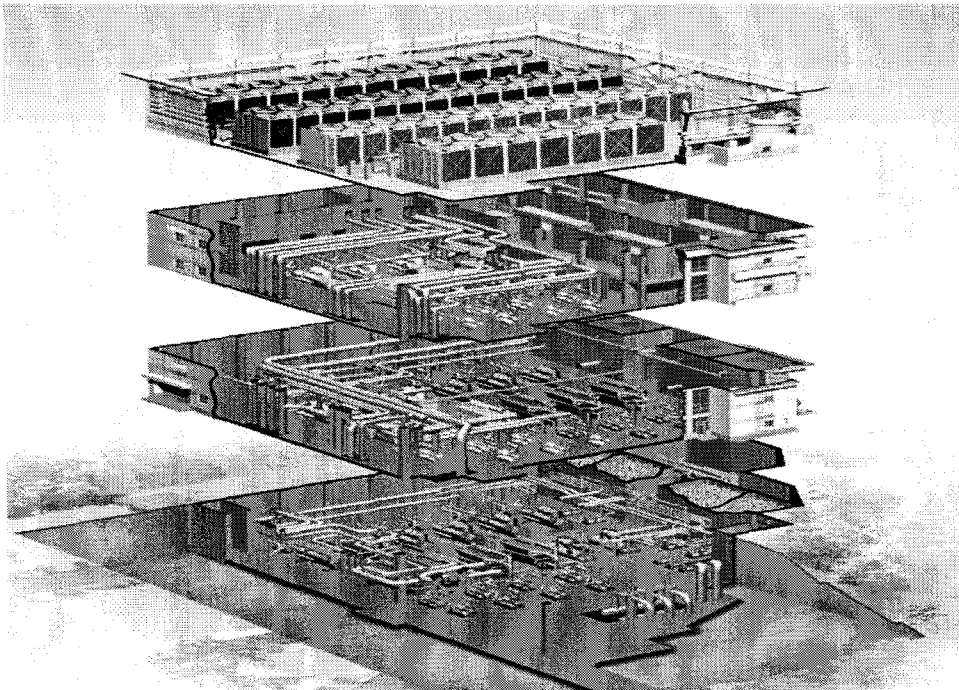


냉수 직접공급에 의한 지역냉방 설계사례

(Design Application of District Cooling by Direct Supply with Chilled Water)

정수원

한국지역난방기술(주) 기계설계실



1. 머리말

최근 국민소득 증가에 따른 생활수준의 향상은 주거 삶의 질을 외부환경에 순응하기 보다는 보다 적극적으로 대응하는 방향으로 전환되었으며, 이로 인해 사람들의 인식이 난방보다는 냉방에 더 많은 관심을 나타내고 있는 실정이다.

지역난방은 1980년대 후반부터 수도권을 중심으로 대규모 택지개발지역에 도입됨으로써 에너지 절약, 쾌적한 환경조성, 대기환경개선에 크게 기여하였다.

또한 이제까지의 지역냉방은 난방열원설비의 하나인 열병합발전설비를 하절기 운전시 전력을 생산하고 남은 중온수를 이용하여 사용자의 중온수 흡수식 냉동기를 가동함으로써 에너지의 효율적 이용에 이바지하였다. 그러나 중온수를 이용한 지역냉방은 단지 사용자가 사용하는 냉동기의 에너지원이 전력, 가스, 또는 증기에서 단지 중온수로 바뀐 것 뿐 다른 설비는 그대로 사용자 기계실에 존재하고 있을뿐더러 우리나라 기후 특성상 단위면적당 난방부하보다 냉방부하가 큰 지역에서 동일한 배관 관경으로 중온수를 냉방에 100% 이용하는 것은 불

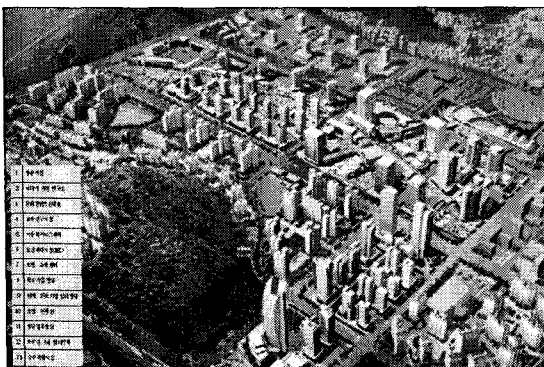
가능하다. 따라서 중온수 흡수식 냉동기와 더불어 빙축열설비나 터보 냉동기, 냉온수기 등 다른 냉방열원을 추가로 설치하여야 하므로 진정한 지역냉방이라고 말하기에는 곤란하다 하겠다.

그러나 냉수를 직접 공급하는 지역냉방은 지역난방과 동일하게 사용자가 기계실에 냉방열교환기만을 갖추고 있으면, 냉동기, 냉각탑, 펌프 등이 불필요하게 되어 기계실의 면적 및 배관 샤프트의 면적이 줄어들 뿐 아니라, 옥상의 공원화 등 많은 이점을 가지고 있다.

본문에서는 우리나라 최초로 냉수를 생산하여 직접 사용자에게 공급하는 한국지역난방공사 상암지사의 지역냉방설비 구성 및 설계에 대해 설명하고자 한다.

2. 사업대상지역 현황

상암 디지털미디어시티는 서울특별시 마포구 상암동 일대 200만평 규모에 환경과 기술, 문화와 상업, 투자와 혁신이 조화된 미래형 복합도시인 “새천년 신도시(Millennium City)”를 조성하고자 하는 야심 찬 목표 아래 추진되고 있으며, 지역냉방 공급대상 지역의 현황을 살펴보면 <그림 1>과 같다.

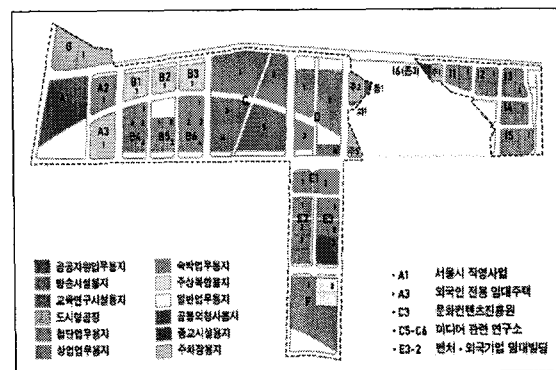


<그림 1> 상암 DMC 대상지역 조감도

3. 지역냉방 설계사례

3.1 대상지역 냉방부하 현황

개략적인 상암 디지털미디어시티 현황을 살펴보면 서울시는 토지공급 초기부터 유치시설의 업종, 성격 및 주체에 따라 유형화하고, 각 유형별로 토지가격, 공급절차 및 시기를 차별화하여 Digital Media City에 걸 맞는 업체가 입주도록 하고 있으며, 대상지역 토지현황을 살펴보면 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 상암 DMC 유형별 토지현황

상암 디지털미디어시티 택지개발지구는 용도에 따라 3가지로 분류할 수 있는데, 첫째 중점유치기능용지로 DMC 개발을 선도할 미디어프로덕션 센터, 미디어관련 연구소, 방송시설, IT센터 등을, 둘째 권장유치기능용지로 DMC 유치기업을 위한 첨단업무시설 및 도시형 공장 등을, 셋째 일반유치기능용지로 일반업무시설, 호텔, 도심위락시설, 주상복합시설, 쇼핑센터 등이 있다.

위에서 언급한 건축물에 대한 건축개요 및 냉방부하 현황을 간략하게 정리하면 대지면적이 236,188㎡ (71,446평), 연면적이 1,562,635㎡ (472,694평), 필지수로는 50개 필지, 냉방부하는 156Gcal/h (51,587USRT) 이다

구 분	대지 면적 (㎡)	연면적 (㎡)	냉방 면적 (㎡)	연결 냉방 부하
일반업무시설	24,696	197,020	151,705	17,907
첨단업무시설	44,232	290,899	226,210	27,105
공공지원업무	43,478	249,629	195,385	22,776
상업시설	8,822	143,502	101,722	12,308
상업위락	9,446	68,011	45,567	5,468
숙박시설	17,098	123,106	81,250	10,481
방송시설	34,209	207,342	142,161	24,025
교육연구시설	16,949	89,406	64,542	7,100
IBC	37,258	193,720	324,017	37,634
계	236,188	1,562,635	1,332,560	164,804

<표 1> 상암 DMC 용도별 현황 및 냉방부하

3.2 냉방 열원설비 개요

상암 DMC 지역냉방 대상지역에 냉수를 공급하기 위한 냉방설비는 한국지역난방공사 상암지사 내에 위치하고 있으며, 한국지역난방기술(주)에서 설계를, SK건설이 시공을 하였다. 개략적인 냉방설비가 설치되는 냉방설비동의 개략적인 건축현황을 살펴보면 <표 2>과 같다.

구 분	내 용
위 치	서울시 마포구 상암동
구 조	철골철근 콘크리트조
대지면적	29,653㎡(6,970평)
건축면적	3,067㎡(928평)
연면적	12,514㎡(3,785평)
규모	지하1층, 지상3층

<표 2> 상암 DMC 냉방설비동 현황

한국지역난방공사 상암지사의 전경은 <그림 3>과 같으며, 냉방설비동은 왼쪽 사각형의 건물이고, 각 층별 설비배치현황을 살펴보면 <표 3>과 같다



<그림 3> 상암 DMC 냉방설비동 조감도

구 분	내 용
지하1층	빙축열설비, 여과기, 지하수조
지상1층	터보, 흡수식냉동기, 펌프
지상2층	터보, 흡수식냉동기, 펌프, 수처리
지상3층	전기실, 전자기기실
옥탑층	냉각탑
옥 외	SWITCH YARD

<표 3> 상암 DMC 냉방설비동 층별 설비현황

3.3 최적 냉방 열원설비 구성방안

일반적으로 냉수를 만들 수 있는 냉방설비의 도입은 여러 가지 측면을 고려하여 선정하게 되는데, 일반적으로 사용목적, 설치장소, 이용 열원, 초기투자비, 운전비용, 환경친화성, 유지보수성 등을 고려하게 되고, 그 방식에 있어서는 터보 냉동기, 스크류 냉동기, 왕복동식 냉동기, 흡수식 냉동기(중온수, 증기), 빙축열설비, 히트펌프 또는 각각의 경우를 병용하는 방법 등 다양한 형태로 적용될 수 있다.

그러나 지역냉방의 경우 지역난방과 마찬가지로 사업자가 공급하는 냉수(District Cooling Water)와 사용자가 사용하는 냉수(Chilled Water)가 열교환기를 통하여 열의 교환이 이루어지므로 2차측에서 사용자의 냉수온도가 중요하게 되는데, 보통 항온·항습을 필요로 하

는 전자기기실에서 필요로 하는 냉수온도는 5~7℃가 된다. 따라서 1차측 사업자가 공급하는 냉수온도는 5℃ 이하가 되어야하며, 상암 디지털미디어시티 냉방설비에서 생산하는 냉수온도는 공급 3℃, 회수 13℃ 선정하게 되었다.

위에서 언급한 것과 같이 냉방설비 구성 중에 가장 중요한 것이 가장 저렴하게 사용할 수 있는 이용열원인데, 상암지사의 경우 부지를 경계로 마포자원회수시설(소각장)이 있어 잉여 소각증기를 이용할 수 있어 가장 먼저 증기 흡수식 냉동기를 선정하였다. 그러나 증기 흡수식 냉동기의 특성상 3℃의 냉열을 만들 수 없으므로 이와 직렬운전에 필요한 설비가 필요로 하게 되었다.

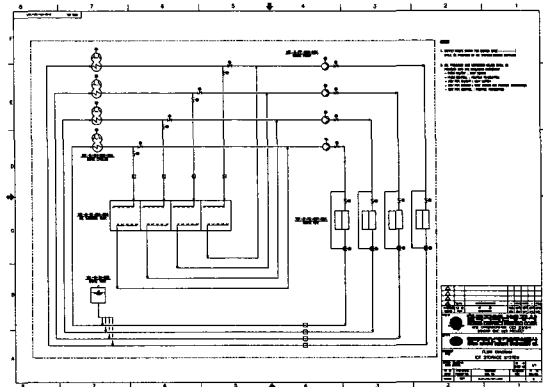
다음은 냉방설비의 최적구성 비율을 설명하면 가장 경제적인 에너지원인 소각증기를 공급받을 수 있으므로 이를 최대한 활용하도록 증기 흡수식냉동기 용량(전체용량의 38% 담당)을 선정하고, 증기 흡수식 냉동기 냉수생산 온도의 제한(최저 6℃ 가능)에 따라 터보 냉동기와 증기 흡수식 냉동기 간의 1 : 1 직렬 연결방식을 채택하여 터보 냉동기 용량(터보 냉동기 전체용량의 38% 담당)을 산정하였으며, 심야전력 이용과 국가적인 전력수요관리 기여하고자 나머지 용량(흡수식냉동기와 터보냉동기의 용량을 제외한 전체용량의 24% 담당)을 빙축열설비로 적용하였다. 지역냉방설비의 구성을 종합 정리하면 다음의 <표 4>와 같다.

구 분	단위용량	수량	계
증기 흡수식 냉동기	1,500USRT (4.5Gcal/h)	14대	19,500USRT (59Gcal/h)
터보 냉동기	1,500USRT (4.5Gcal/h)	14대	19,500USRT (59Gcal/h)
빙축열 설비		1식	12,600USRT (38Gcal/h)
냉각탑	-	25셀	48,500CRT
합 계			51,600USRT (156Gcal/h)

<표 4> 상암 DMC 냉방설비 구성 현황

3.4 냉방설비 시스템구성 방법

상암 DMC 냉방설비의 약 24%, 12,600USRT (38Gcal/h)를 담당하는 빙축열설비는 캡슐형으로 4개의 빙축조와 터보 냉동기(브라인 냉동기), 브라인 펌프, 기타 설비로 구성하여 실질적으로는 독립된 4개의 냉방설비가 존재하도록 설계하여 비상시에도 타 설비(터보 냉동기 또는 증기 흡수식 냉동기)와 대체가 가능하도록 하였다. 빙축열설비의 개략적인 Flow Diagram을 살펴보면 <그림 4>과 같다.

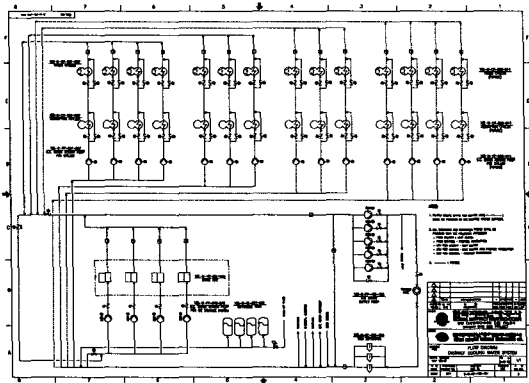


<그림 4> Ice Storage system

상암 DMC 냉방설비의 38%씩 담당하는 터보 냉동기 19,500USRT(59Gcal/h)와 증기 흡수식 냉동기 19,500USRT(59Gcal/h)는 2가지의 열원

설비이지만 직렬로 연결하여 13℃의 냉수를 3℃로 생산하여야 하므로 하나의 시스템으로 간주하는 것이 합리적일 것이다.

일단 소각장에서 생산되는 잉여증기를 이용하여 증기 흡수식 냉동기에서 13℃의 냉수를 8℃까지 낮추고, 터보 냉동기에서 다시 8℃의 냉수를 3℃까지 낮춰 지역냉방에서 요구하는 냉수를 생산하도록 구성하였으며, 이 두 설비는 기본적으로 직렬운전이 되도록 설계하였으나, 필요시 독립적으로도 운전이 가능하도록 바이패스 배관을 설치하여 운전의 다양성을 추구하였다. 증기 흡수식 냉동기와 터보 냉동기의 개략적인 Flow Diagram을 살펴보면 <그림 5>과 같다.

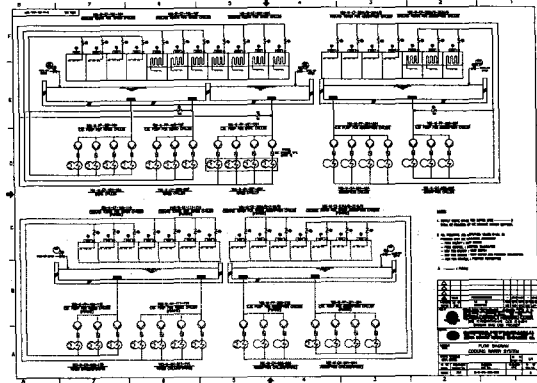


<그림 5> District Cooling Water System

냉방설비의 성능을 결정하는 것은 1차적으로 냉동기의 성능이 기본이겠으나, 2차적인 것은 냉각탑의 성능에 따라 냉동기의 성능이 좌우되는 것이다. 따라서 상암 DMC 냉방설비에서는 냉동기와 냉각탑이 1 : 1 대응 운전이 가능하도록 설계하였으며, 냉각수 배관관경을 줄이고 각층에 설치된 냉동기와 그룹이 가능하도록 배관을 구성하였다.

또한 동절기 및 춘추절기 운전시 외부공기의 상대습도 증가로 인한 백연현상을 방지하기 위해 30% 정도의 냉각탑은 백연방지용 설비로 구성하여 시각적인 환경오염 방지에 노력하였

으며, 설계 냉각수온도 또한 32~39℃로 기타 공조설비의 설계온도인 32~37℃보다 크게 하여 냉각탑의 설치면적을 최소화하였다. 냉각탑의 개략적인 Flow Diagram을 살펴보면 <그림 6>과 같다.



<그림 6> Cooling Water System

3.4 지역냉방 냉수요금 구성

일반적인 공공요금체계로 가장 많이 사용된 것이 이부요금체계인데, 이부요금체계의 기본은 사용량에 따라 요금을 부과하는 사용요금과 사용량과 무관하게 재화 혹은 서비스에 대한 접근을 부여받은 것에 대한 대가를 지불하는 고정요금으로 이루어진다.

전력요금, 가스요금, 수도요금 등은 용도에 따라 요금체계를 달리 적용하고 있으나, 지역냉방의 경우 건축물의 용도를 명확히 구분하기 어렵고, 만약 구분할 수 있다 할지라도 입주하는 입주자의 성격에 따라 다양한 냉방수요를 가지고 있어 용도에 따른 요금체계의 적용은 한계가 있을 수 있다.

지역냉방의 경우 사용자는 기본요금으로 연결열부하당 동일요금을 월별로 납부하지만 지역냉방의 경우 사용량에 따라 설비비용도 매우 다르게 나타나므로 연결열부하를 기준으로 구

간별 차등요금을 적용하였는데 이처럼 구간별 차등요금을 적용하여 규모가 큰 대형사용자에게 실질적으로 낮은 요금이 부과될 수 있도록 요금구조가 되어 있다.

지역냉방 요금 중 사용요금은 시간대별 요금을 적용하였는데, 사용요금은 냉방사용시간에 따라 각각 첨두부하, 중간부하, 그리고 경부하로 구분하여, 냉방이 주로 사용되는 7, 8월을 기준으로 7, 8월의 오후 2시부터 4시까지 2시간 동안의 시간에는 첨두부하용 사용요금이 적용되고 7, 8월을 다른 시간대에는 중간부하용 사용요금을 적용되었다. 그리고 7, 8월 이외의 다른 달에 사용하는 냉방에 대해서는 경부하 요금을 적용하였다.

이렇게 요금구조를 달리 적용함으로써 연간 냉방을 많이 사용하는 대량사용자는 평균 냉방요금이 작게 적용되고, 단지 하절기만 냉방을 사용하는 사용자는 평균 냉방요금이 높게 책정되도록 하였다. 다음 <표 5>는 현재 지역난방공사에서 적용하는 냉수요금 단가이다.

기본요금	
열교환기용량 1Mcal/h당	
- 0부터 1,000Mcal/h까지	: 3,822원
- 다음 2,000Mcal/h까지	: 2,124원
- 다음 3,000Mcal/h까지	: 1,754원
- 3,000Mcal/h초과	: 1,550원
사용요금	
시간대별 차등요금	
- 경부하시간대	: Mcal 당 56.74원
- 중간부하시간대	: Mcal 당 94.57원
- 첨두부하시간대	: Mcal 당 122.94원

<표 5> 상암 DMC 냉수요금 체계

- 경부하시간대는 7~8월을 제외한 모든 시간대
- 중간부하시간대는 7~8월 중 14:00~16:00 이외의 시간대
- 첨두부하시간대는 7~8월 중 14:00~16:00

4. 맺음말

외국의 경우 지역냉방을 살펴보면 초기에는 지역냉방시스템이 개별냉방시스템에 비하여 유지관리가 편리하고 경제성이 우수하다고 평가되어 병원, 공항, 대학 등 대규모의 건물이 밀집된 곳에서 지역냉방이 소규모로 실시되었으나, 그 후 지역난방과 지역냉방을 동시에 적용함으로써 본격적인 지역냉방이 확대 보급된 경우가 많다.

세계적으로 지역냉방의 발전방향을 살펴보면 일단 지역냉방이 보급되면 그 후 급속도로 확대 보급되며, 냉방부하의 증대와 비례하여 보급이 확충되었다. 또한 에너지사용에 따른 환경문제가 대두되고 따라서 에너지사용량 절감 및 환경보존문제 해결을 위한 핵심기술의 하나로 지역냉방이 강조되고 있다. 지역냉방은 효율적인 에너지 사용으로 인한 에너지절감은 물론 소각열 등 미 활용에너지 이용, 하절기 냉방전력 대체에 의한 첨두전력부하의 완화, 중앙집중식 환경오염처리로 인한 환경보호, 효율적인 유지관리 등 많은 장점이 있다.

따라서 우리나라 최초의 냉수를 직접 공급하는 지역냉방설비인 상암 DMC 냉방설비의 준공에 더불어 상업운전의 시작은 지역냉방 활성화의 시초가 되리라 생각한다. 또한 이를 계기로 현재 고양 국제전시장 냉방설비의 기본설계가 완료되었고, 고양 관광문화단지 지역냉방으로 사업허가를 득하였으며, 동남권 유통단지가 지역냉방으로 사업허가를 신청 중에 있는 등 지역냉방의 보급·확대는 시간이 지날수록 더욱 확대되리라 생각한다.