

러시아 HVAC 설계체험

- Hotel & Business centre Phase 1을 중심으로 -

허종구 / 재무이사
 응도엔지니어링 (jkhuh@ungdo.co.kr)

머리말

노동자 농민이 주체가 되는 세상 공산주의가 몰락하고 자본주의로 급진전향하면서 한때 혼란과 IMF를 겪는 등 어려움은 있었으나 스라브 민족적 저력과 엄청난 부존자원(석유, 가스)의 뒷받침으로 러시아 경제는 2003년도 GNP 7% 성장, 2004년도 상반기 200억불의 무역흑자와, 서방선진국 회원이 되는 등, 신속히 안정과 성장의 자리매김을 하고 있다. 현재 러시아에는 서방선진 투자자들이 러시아의 상대적 저임금과 미래성장가능성에 대비 마지막 기회 땅으로 보고 시장 선점차원에서 많은 투자가 이루어지고 있다. 이즈음 우리나라 Lotte Group에서 수행하는 러시아의 중심부 모스크바, 그것도 우리의 명동거리에 해당하는 아르바트가 인접, 노빈스키가에 판매, 업무, 호텔 용도의 건물신축투자사업에 나는 HVAC 관련 설계업무를 참여하게되는 행운을 얻었다.

그들은 생활습관이나, 생각들이 오랜동안 사회주의의 정형화된 틀 속에서 살아왔기 때문에 개인의 창의보다는 규범을 준수하며, HVAC관련규정(SNiP)을 Bible로 여겨, 마치 우리의 소방법만큼이나 엄격히 준수하고자 하였다. 우리와 다른점, 생소했던점 특히 어려웠던 경험을 소개함으로써, 앞으로 우리나라에서도 아파트건설, 주상복합, 판매, 업무시설 등 러시아 부동산시장 진출 움직임이 보이는 터라, 그때 하나의 참고내지 길잡이가 되었으면 하는 심정에서 이 글을 올린다.



건물개요

- 위치 : 8-10 Novinsky Boulevard
 Moscow, Russia
 북위 55.46, 동경 37.4, 고도 154 m
- 규모 : 지하 4층, 지상 24층, 연면적 89,100m²

| 층 수 | 용도 |
|-----------|-----------------|
| B4 - B2nd | 지하주차장 |
| B1st | 기계실, 전기실, 슈퍼마켓 |
| 1st 5th | 판매시설 |
| 6th | 식당가 |
| 7th 22nd | 업무시설 |
| 23rd | 고급식당(Skylounge) |

• 외기설계조건

| 적용 등급 | 하절기 | | 동절기 | | 비고 |
|--------|-----------|-------------|-----------|-------------|----------|
| | 온도 (°CDB) | 엔탈피 (Kj/Kg) | 온도 (°CDB) | 엔탈피 (Kj/Kg) | |
| I, II급 | 28.5 | 54 | -28 | -25.3 | 일반공조 |
| III급 | 22.3 | 49.4 | -28 | -25.3 | 환기, 외기냉방 |

일교차 10.4, 풍속 하절기 1 m/s, 동절기 4 m/s

관련 CODE 및 절차

현지 Code List

- SNiP 2.04.05-91 HVAC
- SNiP 2.08.02-89 Public building and structure
- SNiP II-3.79 Heating, Engineering in construction(1998)
- SNiP 2.04.09-84 Automatic fire fighting for building and structure
- SNiP 21-02-99 Automobil parking lots
- MGSN 4.04-94 Multi functional complex
- MGSN 4.13-97 Retail establishment
- MGSN 4.14-98 Public catering establishment

설계진행절차

우리에게 익숙한 미국식 설계는 Conceptual design / Schematic design / Design Development / Construction Document 4단계로 구성되나, 러시아에서는 Schematic design / Tender drawing / Working drawing 3단계로 이루어진다. 우리의 기본 설계에 해당하는 Schematic design에서는 계통도, 계산서, 장비일람표, 설계설명서를 구비, 건축허가(TEO)를 신청하는데 사용한다. Tender Drawing은 물량산출 할 수 있는 우리 착공도서 수준이며, 최종 Working drawing은 Shop drawing에 버금가도록 수치개념이 들어간 아주 상세한 도면이다.

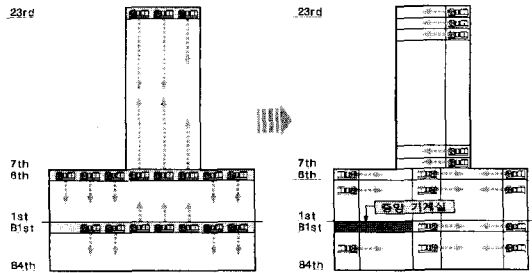
러시아 설계조직은 공조시스템 담당, 난방배관 담당, 급배수 담당, 스프링클러 담당, 배연 담당 등으로 전문세분화 되어있어, 회의시 순서를 정해 여러명과 협의하여야 하며 상호 Co-ordination 및 조정 업무가

매단히 중요하다.

별도의 시방(specification)은 없다. 설계설명서(design brief)에 가능하면 상세하게 명기하고 도면 또한 상세하게 표현하여야 한다.

기계실 위치

중앙기계실



한때 우리나라에서도 건축심의 과정에서 중앙기계실은 부하 중심점에 가깝게 위치하도록 권장한 바 있다. 그러나 오늘날 역시 대부분 건물에 있어, 지하 1층 공간은 근린생활시설이나, 슈퍼 등 상업시설로서 활용코져 하며, 기계, 전기 등 설비실은 지하 깊은 마지막층에 위치하는 것이 보통이다. 러시아에서는 사람이 상주할 가능성이 있는 공간은 주차장을 제외하고는 지하 1층 이하에 위치하여서는 안된다. 따라서 중앙기계실은 건축주에게는 아까운 공간으로 여겨지겠지만 외부 지역난방, 급수관 인입과, 장비 인입이 용이한 곳으로 과감히 지하 1층에 배치하였다.

공조기계실 위치

당초 러시아 설계사(AM-7)가 계획한 TEO(기본설계해당)은 B1, 6F, 24F을 설비층으로 하고, 각종 공조기, 팬 등 설비를 집중 배치하여 각 층으로 송풍하는 다층 공조방식으로 계획되었다. 이는 사회주의 국가에서 보통 채택하고 있는 건축계획 방식이기도 하다.

장비가 집중배치 됨으로서 유지관리가 편리할 것이나, 덕트 길이가 길어 공기이송 동력이 많이 소요되고, SHAFT가 커지며, 방재적으로 취약할 수 있어, 경제성과 효율을 중시하는 민간 기업에서는 개념을

바꾸어 해당 각 층에 공조기를 설치하는 층별 공조를 행함으로써 덕트 길이를 최소화하여 소비동력을 줄이고 덕트크기를 줄여 층고를 적정화 할 수 있도록 함으로서 기계화된 설비층은 다음 용도로 활용할 수 있도록 변경하였다.

- B1 설비실 → 지하1층 수퍼
- 6F 설비실 → 식당가
- 24F 설비실 → 고급식당가(skylounge)

열원

냉열원

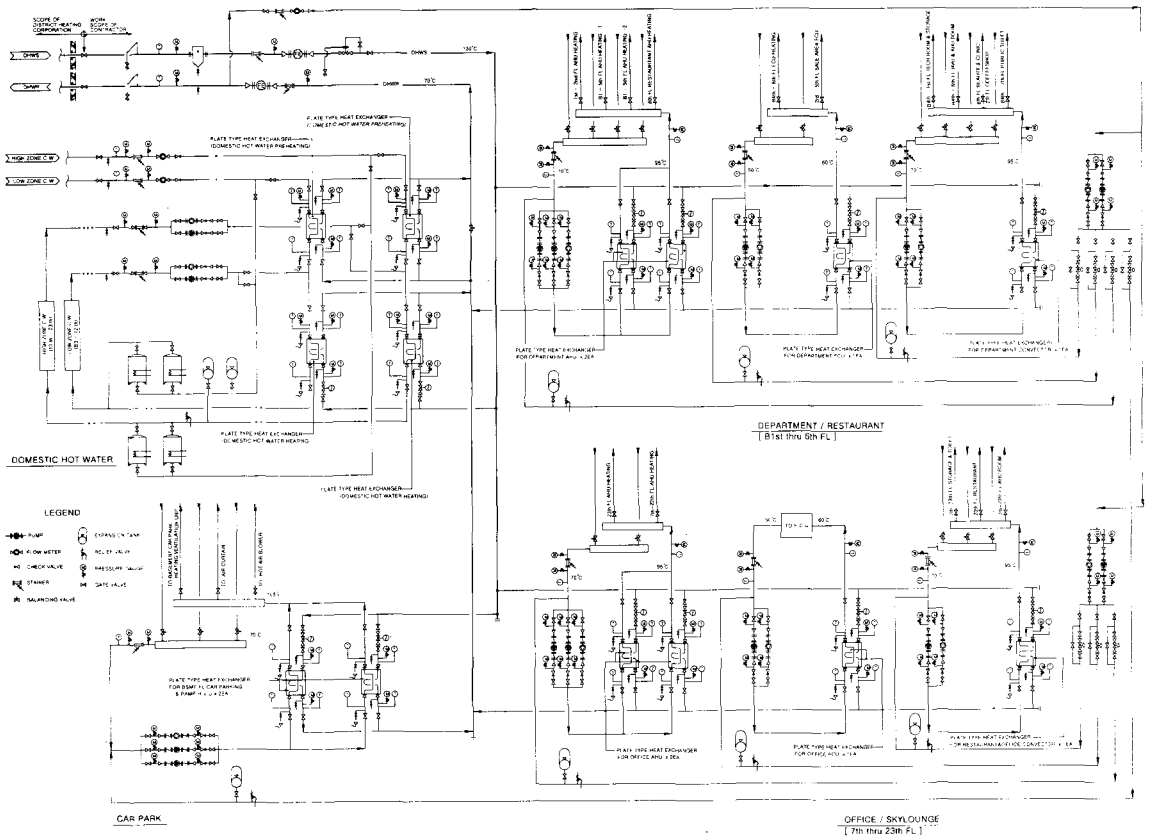
- 모스크바 지역은 습도가 낮고 여름철 외기 온도가 높지 않아, 일반적으로 공냉식 냉동기를 필요 부위 부분적으로 브룩화하여 사용하고 있으나, 판매시설로서 조명 등으로 인한 자체 내부발열

이 많고, 사무실공간 또한 조명, OA 기기발열 부하등이 있어, 장비용량이 크게 요구되고, 공냉식으로는 한계가 있어, 원심수냉식 냉동기를 채택하였으며, 판매시설과 업무시설은 사용시간대가 상이하여 완전구분 설치하였다.

- (백화점용:600RT×3대, 업무시설용:400RT×2대)
- 전원을 현지 사정에 따라, 3,300 V 고압 대신, 380 V 저압 수전 방식으로 하고 원활한 기동을 위하여 Starter 는 Condrafra Starter 방식으로 하였다.
- 냉각탑은 외기온도 -40℃ 밀폐형으로 하고 부동액 Glycol 50% 방식으로 하였다.

온열원

고온 지역난방온수는 모스크바 에네르기(MOSENGRO) 사로부터 모스크바 전역에 잘 공급되



[그림 1] 지역난방 온수공급 계통도

고 있었다. 공급수온은 공급 130℃ ~ 환수 70℃ ΔT60℃이며, 공급측 수온은 외기 용도에 따라 130℃ ~ 100℃사이로 제어되어 공급된다. 시내 중심부는 공급주관이 지하 매설로 관통하지만, 조금 한가한 지역에서는 지상 도로변을 따라 공급관이 노출 시설돼 있고, 도로 통과부위는 □ 식으로 하여 거의 모든 건물에 지역난방 온수가 공급되고 자체 보일러 설치하는 예는 생소하다 하였다. 그것은 오랜 사회주의 계획경제로서 먼저 상하수도와 지역난방온수 공급조건이 충족되어야 집단주거시설, 상업시설이 건설될 수 있도록 철저히 사전 통제된 결과 일 것이다. 이러한 지역난방온수는 하절기 7,8월에는 배관계통 정비보수를 위하여 온수공급이 중단된다.

따라서 하절기 주방온수, 샤워등 온수 사용에 대하여는 별도 대책을 세워 두어야 한다. 또한 중요한 점은 러시아 법규에서는 안전상 이유로 9층 이상 건물에 대하여는 도시가스 사용을 금지하고 있다는 것이다. 그럼으로 도시가스를 연료로 사용하는 예비보일러 설치하는 불가능 하다. 다음 그림 1은 지역난방 1차측 열원 공급계획도를 보여준다.

공기조화 설비계획

러시아는 매우 추운 동절기 기간이 길어 실내 거주기간이 많으므로 인하여 실내공기질 유지를 상당히 중요시 여기기 때문에 반드시 다음원칙을 지키면서 설계에 임하여야 된다. 이것은 SNIP 규정사항이다.

- 공기조화설비는 사람이 주로 상주하는 공간에 대

하여 2가지 이상 system 으로 구성되어야 한다.

- 공기조화 및 환기 FAN은 항상 예비기를 두어야 한다.
- 실내 외기 도입량 60m³/H per Capita, 사무실 / 25 m³/H Capita 판매시설 이것은 우리보다 상당히 높은 수준이다.

지하주차장

난방하여 주야 최소 5℃ 이상 유지하여야 한다. 에너지절약을 강조하는 우리와는 너무 다른 환경이다. RAMP 입구에 Air Curtain을 설치하여 외기유입을 최소화하여야 하고 배기팬은 예비기를 두어야 한다. Heating Ventilation Unit를 층별 3개소 분산 배치하고 급기덕트는 Nozzle fan으로 대체 가능하나, 배기측은 반드시 덕트 분산하여 옥상으로 인출 배기 하여야 한다.

이때 배기덕트 지관은 바닥측과 천장측에서 각각 50% 흡입하도록 설계하여야 한다.

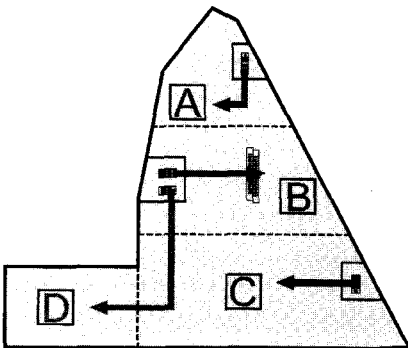
- 배연 system 설계하여야 한다. 급기시설은 별도 필요없으나 환기덕트와 별도로 배연덕트 설치하여 옥상으로 인출 배출할수 있어야 한다.

판매시설

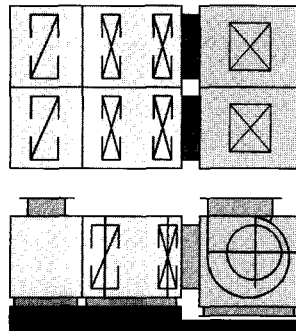
본 Project의 핵심부분으로서 많은 토의를 하면서 진행하였지만 예기치 못한 압초에 부딪혔었다.

건축설계자와 협의하여 예상 매장 부위에

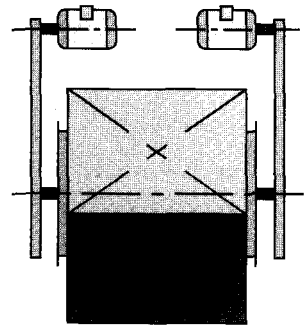
그림 2와 같이 어렵게 공조기계실을 확보하고 공기조화 덕트도면을 작성하여 제출하였고, 막상 현지



[그림 2] 판매시설 기준층 공조기계실 배치



[그림 3] 예비공조기 일체형 공조기



[그림 4] 예비모터



인허가 설계사(AMP)와 검수에 들어가자 모두의 SNIP 규정에 따를 것을 요구하였다.

즉 그림 3과 같이 각각 예비공조기를 두어야 한다. 2가지 이상 system 복합이어야 한다. 전공기 공조방식 만으로는 안되고 [공조에 의한 덕트 + FCU] 방식이어야 하며, FCU를 천장에 추가하라는 것 이었다. 공조기계실 추가 확보가 어려울 뿐만 아니라, 매장 천장에 FCU 추가는 interior상 좋지 않고, 전기동력에 이상이 오기 때문에 참으로 암담한 경험 이었다.

그들의 이유는 실내 IAQ를 확보하고, 야간이나 휴일에 FCU 만이라도 가동시켜 최소한의 실내 온도를 유지하여야 한다는 것이었다. 러시아에서는 실제로 옆 그림과 같이 병렬형 공조기가 생산되고 있었고, 유사판매 시설도 살펴보았었다. FCU 역시 천장에 붙어 있었었다.

어렵게, 이렇게 설득하였다. ㉔㉕㉖공간은 OPEN 매장이다. 단일 OPEN 매장에 3대의 공조기가 분산 배치되었다. 행여 한 대의 공조기가 고장나 실내 환경과 환기가 불량해 지더라도 최소 66%의 예비기능은 담보되는 것이니 이해해 달라, D 부분은 레스토랑으로 구획되었으니, 예비공조기는 설치할수 없고, 그림 4와 같이 공조기내 예비 Motor를 추가설치하여, 평상시 idling 운전하고 고장시 switch on 하여 대처 할수 있도록 하고, 창가에 콘벡터를 설치토록 하겠다고, 매장부분 FCU 추가 설치는 오랜동안 회의록에 남아 논란의 대상이 되었었으나 FCU설치는 배제하고, 최소실내온도 유지는 자동제어적으로 풀기로 하였었다.

- 1층 출입구에는 외기체감온도가 워낙 낮아 뜨겁고 강력한 전용 온풍기를 덕트로 연결, 방풍실에 설치하여 외기 유입을 차단 내지 완화 시킬수 있도록 하였다.
- 무창 매장으로 물론 배연 시설하여야 한다. 급기는 별도로 필요없고, 배기 시스템만 갖추면 되고 공조덕트와 겸용은 전례가 없어 허용되지 않아 별도 전용 시스템으로 시설하였다.
- 공조 및 배연덕트에 사용하고 모든 Fire Damper는 Motorize fire damper만 인정된다. Fusible link type은 허용되지 않는다.

업무시설

• 구라파에서 임대용 업무건물(인셀 앤 코아) 방식으로 계획되는 것이 보통이다. 즉 기본적인 공조 주덕트, 냉온방 배관 주관만 시행자가 시설해 주고, 입점자가 interior 공사 부분뿐만 아니라, 덕트 연장 디퓨져 설치, FCU 설치등 자기들 필요에 따라 시설토록 하는 것이다.

[층별 AHU 덕트 + 외주부 FCU] 4pipe 시스템을 기본으로 하였다. 예비공조기를 들 수 없음으로 공조기 내부 예비모터를 설치토록 하였다.

- 1인당 기본 환기량이 60m³/H Capita 임으로 외기환기량이 송풍량에 35~40%에 달하여, 외기도입구에 배기열회수 장치(Heat recovery unit)를 시설하였다. 이 unit는 우리에게 생소한 부동액을 채운 물배관코일을 배기측과 외기도입구에 시설하여 순환펌프로 회전케 하는 것이다. Rotary 전열교환기에 비하여 효율은 떨어지지만, 간단하여 유지관리가 편리하고 고장이 없는 것이 특징이다.

고급식당(Sky lounge)

- 완전독립적 운영이 가능하도록 별도의 전용 D.X AHU를 두어 냉방하고, 난방문제는 AHU 내부에 온수 가열 코일을 추가하여 주 기계실에서 공급되는 온수 (95-70℃)로 난방토록 하고 창가에 콘벡터를 추가하였다.

계단실, 공조기계실, 창고, 지하장비실은 모두 주야 10℃이상 난방하여야 한다. 따라서 콘벡터를 별도 계통으로 하여 시설하였다.

배관계통

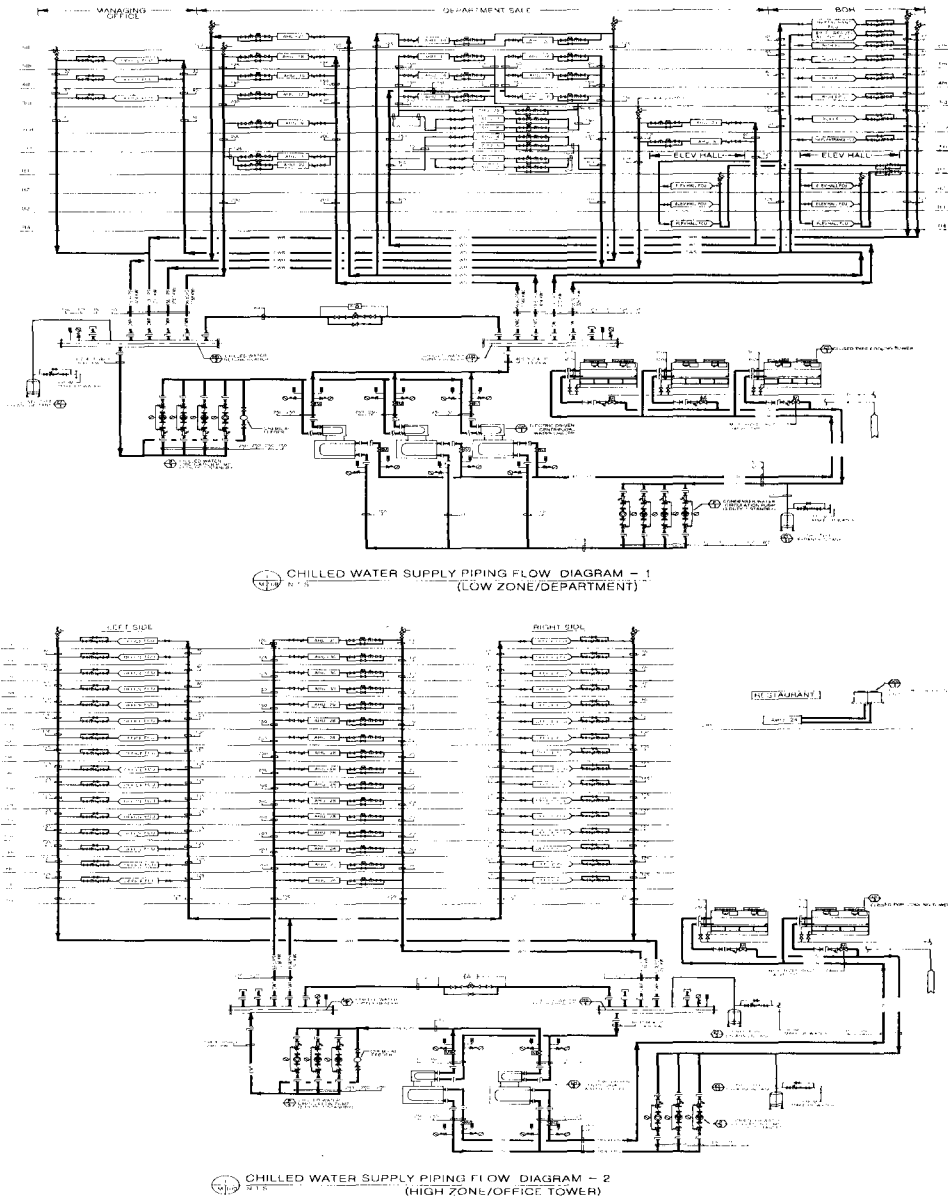
2 Pipe / 4 Pipe system 여부 결정

공사비 절감 차원에서 2 Pipe system을 채택할 것인가? 를 검토하고 많이 고민하였으나, 우리나라에서와 같이 4계절의 기후 변화가 뚜렷하고 냉방부와 난방 부하가 비슷하게 균형을 이루며, 냉온수기 냉온수 동시 펌프를 사용하는 경우 2 Pipe system이 편리할 수도 있으나, 러시아의 사정은 좀 다르다.

우선 냉방시 냉수(12℃-7℃=ΔT5℃)와 온수(AHU의 경우 95℃-70℃=ΔT25℃, FCU 60℃-50℃=ΔT10℃)와 ΔT가 너무 상이하여 순환수량의 차이가 있고 중간계절 일기 변덕이 심하여 오전에 난방, 오후에 냉방을 필요로 하는 경우라던가, 북쪽에 면한 실은 난방, 남쪽에 면한 실은 냉방을 요하는 경우등 2 Pipe system 으로는 대처가 곤란함으로 4 Pipe system 으로 결정하였다.

냉수배관

- 백화점 영업시간은 일요일 근무하고 월요일 단는 관계로 업무부분과 확연히 zone이 구분됨으로 배관 계통은 그림 5와 같이 완전히 구분하였으며, 고층부 업무부분 부분에 대하여는 장비 및 배관 부위 내압을 고려하여 저층부에 위치한 냉동기 관련순환펌프 배관, 밸브등을 20Kg/cm² 내압용으로 지정하였다.



[그림 5] 냉수배관 흐름도



난방온수 배관

러시아는 년중 추운날이 많은 관계로 난방온수 공급배관에 대하여는 여러 가지 까다로운 조건들을 SNiP 규정에 두고 있다.

가령 하나의 가지배관에는 FCU나 Convector를 8개 이상 연결하여서는 안된다든지 열교환기 배관계통은 설비별로 독립적으로 계획되어야 한다든지 하는 것이다. 야간에도 계속 연속 운전하는 것으로 사용시간대를 중시여기는 우리와 개념이 다른 것이다. 한때 화장실계통만 동파방지용 별도계통으로 하고 나머지는 공통 열교환기 연결 AHU, Convector, Air Curtain, Unit Heater를 함께 묶어 공급하는 것이 어떨까 생각했었는데 반드시 구분하여 독립적으로 열교환기를 사용하여 각각 별도의 배관계통으로 계획하여야 한다. 그런 의미에서

HEAT Exchanger Schedule

| ZONE | Equipment No. | QTY | To serve system | Temperature Differenc | Flow rate / Hoat required |
|-------------------------------------|---------------|-----|-----------------|-----------------------|--|
| Low zone B4-6th (DEPT) | HE-1 | 1 | Air curtain | 105-70℃ | Air curtain 430KW Hot blower 260 KW 690 KW |
| | HE-2 | 1 | AHU/HVU | 95-70℃ | AHU 4,440KW HVU 1,243 KW 5,683 KW |
| | HE-3 | 1 | FCU | 60-50℃ | 315.1 KW |
| | HE-4 | 1 | Convector | 95-70℃ | 770 KW |
| High znoe (7th-23rd) (Office) | HE-5 | 1 | AHU | 95-70℃ | 3,245.3 KW |
| | HE-6 | 1 | FCU | 60-50℃ | 370 KW |
| | HE-7 | 1 | Convector | 95-70℃ | 202.4 KW |
| Domestic hot water | HE-8 | 1 | Low zone | 95-70℃ | 7768 KW |
| | HE-9 | 1 | High zone | 95-70℃ | 419 KW |

- 계통도는 마치 바이블과 같이 매우 중요시한다. 따라서 매우 상세하게 표현하여야 하며, 가령 평

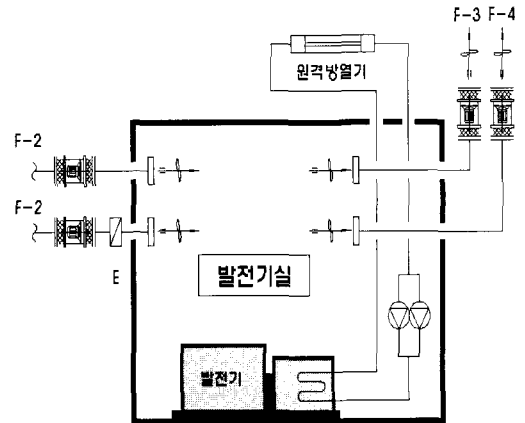
면에 Convector 10개면 계통도 또한 10개 표현하여야 하고 배관경 Route를 Isometric 형식으로 표현하여야 한다.

• Preheat와 코일 동파방지

외기온도가 동절기에는 영하 30~40℃에 이르면, 실내 습공기가 공기조화기 Mixing Box에서 외기와 혼합되는 순간 서리가 되어 안개상을 형성하게 됨으로 외기 인입구에 Preheat coil을 두어야 한다. 그러나 체험상 외기도입량이 전체 송풍량의 30% 미만일 경우에는 Preheat coil을 생략해도 좋다고 한다. Preheat coil 이든, Heating coil 이든 외기 도입과 접하여, 동파가 우려되는 경우가 있으므로 러시아에서 일반적으로 채택하고 있는 난방배관 코일 연결 계통은 다음 그림 6과 같다.

환기시설 계획

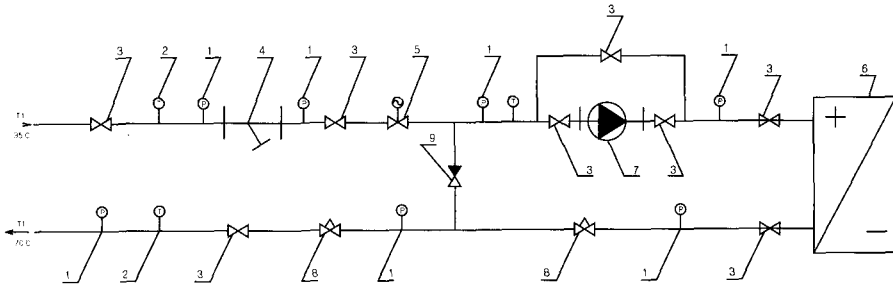
발전기실



발전기실 환기는 이원화되었다. 발전기 가동시 실내공기 냉각용과 상시 환기용이 그것이다. 냉각용 FAN F-1, F-3는 발전기 ON-OFF와 연동되고,

$$\text{송풍량은 } Q(\text{m}^3/\text{H}) = \frac{H(\text{Kcal})}{0.29(40^\circ\text{C}-22^\circ\text{C})} \text{ 이다.}$$

여기서 H - 발전기 실내 발열량 Kcal/hr 상시 환기용 FAN F-2, F-4는 소형으로 전기 Heating 부착하여 실온을 유지하여야 한다.



[그림 6] 온수코일 동파방지 배관 상세

기계, 전기실

급배기 방식은 우리와 같으나 기계계실 급기덕트에 온수 Heating coil을 전기실은 급기덕트에 전기 Heater를 설치하여 최소 실내온도(5℃) 이상을 항상 유지하여야 한다.

기타

환경을 중시하는 러시아는 주차장 배기는 물론 기계, 전기실 배기, 판매시설 배기, 식당 배기, 모든 배기는 옥상으로 인출배기 하여야 한다는 것이었다. 오랜논란과 협의 끝에 판매시설 배기 부분만 2층 이상 부분에 대하여 인접건물 민원이 없을 것 같은 부분에 대해서만, 해당층에서 외부로 바로 배출 허용 되도록 협의하였다.

맺음말

지난 반세기 동안 러시아는 우리에게 너무 먼 나라였었다. 영미식에 익숙한 우리에게 러시아 방식은

새롭고, 생소한 것이 많았다. 물론 국산 공조 장비도 국가 검증기관에서 인증된 것이 아니면 사용할 수 없다. 계산방법, 기준치, 시스템등 그들대로의 원칙과 자긍심을 가지고 있었으며, 영미식 code나 practice 적용에 대해서는 반감에 가까운 정서를 느꼈었다. 그러나 각종 전시회를 통해 습득한 새로운 장비, 시스템, 기술에 대해서는 그들도 열린 마음을 갖고 있었었다. 러시아는 과거 사회주의 주구로서 중국과 동구라파에서도 비슷한 방식으로 적용되기 때문에 이제 우리도 지구 반쪽 부분에서 묻혀있던 자료와 기술을 축적하고 정리를 시작해야할 때가 되었다고 본다. (3)