

초고층건물의 설비설계 계획시 고려사항

초고층건물의 합리적인 설비설계를 위해 반드시 고려되어야 하는 요소들에 대하여 알아보겠다.

김 광 우

서울대학교 건축학과(snu.kw@snu.ac.kr)

여 명 석/편집위원

서울대학교 건축학과(msyeo@snu.ac.kr)

류 성 룡

서울대 대학원 건축학과(archiryu@crimail.net)

신 미 수

서울대 대학원 건축학과(altn58@naver.com)

서언

고층 건물과 초고층 건물을 명확히 정의하기는 쉽지 않다. 초고층 건물은 고층 건물 중에서 특히 높고 층수가 많은 것을 지칭하지만, 이것 역시 일정한 기준은 없다. 건축 설비적 관점에서 고층과 초고층과의 구별을 하기 위해서는 높이가 높아짐에 따라 나타나는 설비적인 차이가 있고, 특이성이 있어야 할 것이다. 즉, 초고층이기 때문에 발생하는 특이점이든가, 일반적인 건물에도 공통의 문제점이 되지만, 그에 의한 영향이 보다 강하고, 분명하게 나타나는 것이어야 한다.

일반적으로 높이 31 m 이상의 건물에서 열부하 및 압력, 화재, 안전 등 설비적 특성이 현저하게 다르게 나타나며, 고속 엘리베이터를 설치할 필요가 생기고, 설비층의 위치를 정하는 설비 계획상의 문제점이 발생하는 등의 설비적인 특이점이 나타나므로 이러한 건물을 고층건물이라고 칭할 수 있을 것이다. 초고층 건물은 이러한 고층 건물의 범위에서, 특별히 주위의 건축물들보다 현저하게 높이 솟아있는 건

물을 지칭하며 수직적 높이가 증가함에 따라 발생하는 수압 등의 문제, 특별히 강하게 나타나는 부하특성에 의해 여러 가지 고려하여야 할 사항들이 존재하게 된다.

본고에서는 초고층 건물의 합리적인 설비설계를 위해 반드시 고려되어야 하는 요소들에 대하여 알아보겠다.

초고층 건물 설비계획의 기본 방향

초고층 건물의 설비계획을 할 경우에는 일반 건물에 비하여 다음과 같은 관점에서 기본적인 고려가 필요하다.

1) 종합계획의 필요성

초고층 건물의 기능은 주로 건축설비에 의해 유지되고, 그것들은 서로 밀접하게 관련되어 있기 때문에 종합적 견지에서 계획해야 한다. 계획의 초기단계에서부터 설계 및 구조, 시공 등과 유기적으로 결합되고 합리적으로 계획이 되어야 한다.

2) 건축 환경계획과 설비의 통합 디자인(integrated design)

설비 시스템이나 설비기기 자체의 효율(HVAC equipment efficiency)뿐만 아니라 건축 계획적 측면에서의 외피계획(building envelope) 및 자연채광(daylighting), 조명계획 등이 함께 고려된 통합디자인(integrated design)이 필요하다.

3) 새로운 시스템의 적용과 에너지 절약(energy conservation)

초고층 건물은 일반 건물에 비해 그 기능을 유지하는데 막대한 자원과 에너지를 소비하기 때문에 생애비용(life cycle cost)을 고려한 자원절감과 에너지 절약 계획이 중요하다. 아울러 중간기 연돌효과에 의한 자연환기이용 시스템, 연료전지, 열병합시설, 야간전력이용 양수시스템, 야간전력이용 축열시스템 등 신재생 에너지 시스템을 적극 채용하도록 하고, 쓰레기처리나 재생지의 플랜트 등을 설치하여 자원의 유효이용이 가능하도록 해야 한다.

4) 유연성(flexibility)의 확보

실내 공간 구획 내의 공조 디퓨저, 조명, 스프링클러, 연기감지기, 통신 및 전기시설 등의 설비 단위의 용도변경과 설비용량 확장(capacity expansion)에 따른 유연성과 이에 대응할 수 있는 설비설계가 요망된다. 또한 단순한 건축공간의 유연성 뿐 아니라 공조설비 운전의 경우에도 시간별 혹은 준별 제어, 연간공조, 중간기 공조 등이 가능하도록, 제어부분의 유연성을 확보하도록 한다.

5) 현장공정의 단순화와 품질관리

기준층의 반복이 많은 초고층 건물에서는 건축을 포함해서 시공상 공정의 단순화, 공기단축을 도모할 수 있는 설비시스템의 모듈화, 조립식화, 규격화와 이러한 시스템의 성능확보를 위한 전반적인 품질관리(total quality control)개념을 계획에 반영시킨다. 특히 이러한 측면에서 건식공법을 사용할 경우 층간 방수성이 낮아져 약간의 누수라도 큰 사고의 원인이 되므로 이에 대한 대책이 요구된다.

6) 방진 및 내진대책과 배관의 안전대책

구조체가 경구초인 초고층 건물에서는 기기의 내압 능력, 덕트나 배관의 길이 연장과 내압성, 공조부하의 분포문제 등으로 설비기기가 지하층 뿐 아니라 건물 중간에도 설치되므로, 인접실 또는 상하로의 기기 소음 및 진동이 전달되기 쉬워, 이에 대한 대책이 필요하다. 특히 지진시에는 응답가속도가 커지게 되므로 방진·내진대책에 주의를 기울여야 하며, 구조적인 층간변위와 배관팽창에 따른 지지 문제 등에 주의한다.

7) 방화, 방연, 피난 등의 방재계획

초고층 건물은 화재시 외부로부터의 구출에 한계가 있으므로, 기기의 불연화, 관통부 처리 등을 포함한 방화대책과 화재시 대규모 피난인원을 위한 방연과 피난대책에 만전을 기울여야 한다.

8) 시스템의 신뢰성(reliability)과 안정성 및 자립성

재해 혹은 시스템 고장시 안전대책으로서 예비시스템(backup system)의 확보가 필요하다. 또한 초고층 건물이 소비하는 자원, 에너지, 배출물 등이 기존 도시의 상하수 및 공동구 등의 인프라에 과대한 부하를 미치지 않고 재해시 대규모 건물로서 자립성을 가지도록 계획한다.

9) 생애비용(life cycle cost)과 유지관리(maintenance)

초기투자비(initial capital cost)와 에너지 비용(energy consumption cost), 기계실 위치와 크기(mechanical system space requirement)에 따른 전체 생애비용의 변동, 설비의 유지 및 보수성과 더불어, 특히 초고층 건물에 적용되는 각종 설비는 해마다 기능이 저하하는데 반하여 설비기기는 해마다 새롭게 발전하므로 이를 고려하여 언제나 증설 및 교환이 가능하도록 건축계획 및 구조적인 사항까지도 고려한 종합관리가 요구된다.

10) 인텔리전트화의 추구

초고층 건물은 대개 설비등급이 높게 설정되므로 보안 시스템(security system), BMS(building management system) 등을 포함한 건물자동화(building automation), 업무의 효율성을 높이는 사

무자동화(office automation), 건물 내 사무 및 통신 자동화(telecommunication) 등을 갖춘 인텔리전트 화에 대해 세심한 고려가 요구된다.

초고층 건물의 열원 및 공기조화 설비 계획

초고층 건물의 열원 및 공기조화 설비에 영향을 미치는 인자

1) 고층화에 따른 상층부 풍속의 증가

건물의 초고층화에 따라 건물의 높은 부분에서는 외기 풍속이 증가한다. 보통 지상 100 m 에서는 지표면의 1.6 배, 150 m 에서는 1.8 배 정도가 된다고 한다.

외기 풍속이 커지면 외벽표면의 대류열전달율이 증가하는데, 풍속 ν 와 대류에 의한 표면열전달율 a_c 와의 관계는 Jurges의 실험식¹⁾으로 표현될 수 있으며 표 1과 같다. 초고층화에 따른 풍속의 증가는 또한, 창 새시 등의 틈새에서 외기 침입량을 증가시키며 이는 표면 열전달율의 증가와 함께 냉난방 부하에 큰 영향을 미친다.

2) 고층화로 인한 일사 및 대기 복사의 영향 증대²⁾

건물의 외표면이 받는 일사는 직달일사, 확산일사, 반사된 일사의 3가지 종류가 있다. 초고층 건물의 경우 외피 자체의 넓이가 크고, 천공에 대한 형태 계수가 크며, 일반적으로 유리를 많이 사용하기 때문에 직접 받는 일사의 영향이 커진다.

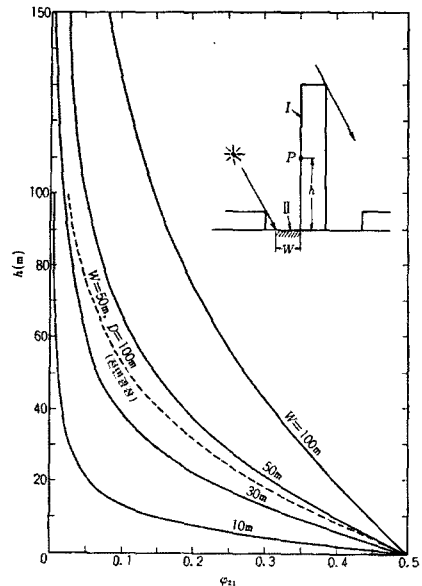
이외에도 이웃건물 및 지면이 상기의 일사를 받은 후 그 표면에서 2 차적 복사로서 방사된 열복사도 받게 되는데 이러한 복사 수열에는 다음과 같은 것이 있다.

- ① 전면도로, 전면광장으로부터의 열복사
- ② 대향벽면으로부터의 열복사

③ 전면 건축군의 지붕으로부터의 열복사

①의 경우는 노면, 광장으로 직사일광이 드는 경우로 초고층 건물이라도 1 ~ 2층과 같은 저층부의 외벽면에는 상당한 양의 복사수열을 받는다. 이것은 우리들이 소위 '반사' 로서 일상경험을 하는 것이다. ①, ②의 경우 그 면에 직사일광이 들고, 동시에 수열면이 가까울 때 이러한 복사의 영향은 더욱 커진다.

①의 경우에 반사면(II)와 초고층 건물의 외벽면(I)과의 관계에서 면 I의 복사수열량은 다음과 같이 구할 수 있다. 전면도로에 입사하는 일사량을 J_{HT} (직달+확산)라 하면, 노면 II로부터 면 I로 입사하는 열량(J_{RP})는 다음 식(1)과 같다. 그림 1은 일정



[그림 1] 전면도로의 반사면에 대한 형태 계수(ψ_{21})

<표 1> 외벽 표면의 대류열전달율(a_c)과 풍속(ν)간의 관계

풍속	외벽표면	거친면	보통면	평활면
$\nu \leq 5 \text{ m/s}$		$a_c = 5.3 + 3.4 \nu$	$a_c = 5.0 + 3.4 \nu$	$a_c = 4.8 + 3.4 \nu$
$\nu > 5 \text{ m/s}$		$a_c = 6.47 \nu^{0.78}$	$a_c = 6.14 \nu^{0.78}$	$a_c = 6.12 \nu^{0.78}$

1) 渡邊要/編, 「超高層建築 (3)設備編」, 慶島研究所出版會, 東京, 1972.

2) Ibid., pp.8 ~ 16

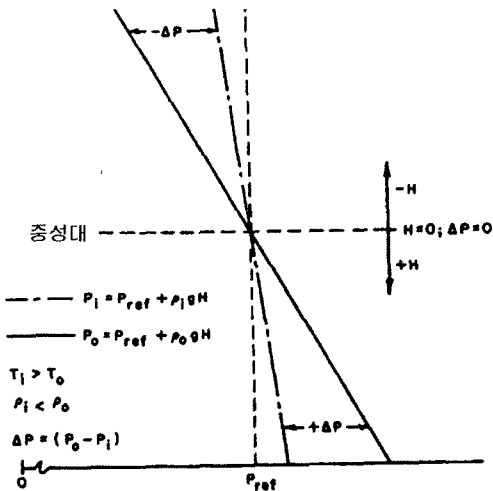
한 쪽의 무한평면인 전면도로(II)의 노면 폭(W)이 10 m, 30 m, 50 m, 100 m로 바깥에 따라 반사면(II)에 대한 P 점의 형태계수 Ψ_{21} 을 나타낸 것이다.

$$J_{RP} = \rho_2 \cdot J_{HT} \cdot \Psi_{21} \quad (1)$$

여기서, Ψ_{21} : 면 I 에 있어서 P 점의 면 II에 대한 형태계수
 ρ_2 : 노면의 반사율 (0.2 ~ 0.4)

건물의 외표면은 위에서 설명한 바와 같이 일사나 반사에 의해 수열만 하는 것이 아니라, 표면의 온도에 따라서 정해진 장파복사를 천공을 향해서 방사한다. 이러한 복사를 야간복사(또는 유효복사)라고 한다. 야간복사는 종래의 냉난방 부하로서는 무시되었지만, 초고층 건물에서는 이의 영향이 현저하고, 이때문에 동기의 야간에 유리면의 열손실은 50% 전후로 증가한다.

3) 고층화에 따른 동계 굴뚝 효과(Stack effect)의 심화 일반적으로 건물은 동계 난방시 나타나는 건물 내외부의 온도차에 의해 내외부 공기기둥의 무게



[그림 2] 굴뚝효과의 압력차³⁾

차가 생기기 때문에 외벽 및 내벽의 칸막이, 바닥에 작용하는 압력차(pressure difference)가 발생한다(그림 2 참조). 특히 초고층 건물의 경우는 건물의 수직적 높이가 높기 때문에 공기 기둥의 높이가 함께 증가하게 되고, 그에 따라 내외부의 압력차는 더욱 커지게 된다. 이러한 압력차에 의해 나타나는 현상이 굴뚝효과이며 다음과 같은 문제를 야기시킬 수 있다.

가) 저층부 외기침입량의 증가와 에너지 손실

초고층 건물은 동계에 건물 내외부의 압력차에 의해 저층부의 출입구나 창의 개구부에서는 외기침입(infiltration)이 쉽고, 찬바람이 입구에서 계단이나 샤프트를 통하여 건물의 내부에 스며들고, 고층부에서는 누기(exfiltration)로 실내의 공기가 유출된다. 상층부 재실자는 난방가동 스위치를 끄는 반면 하층부의 재실자는 거의 두 배의 시간으로 난방하는 경우가 발생한다. 특히 개방식 창문을 사용할 경우, 이로 인한 누기문제는 더욱 증가할 것이다.

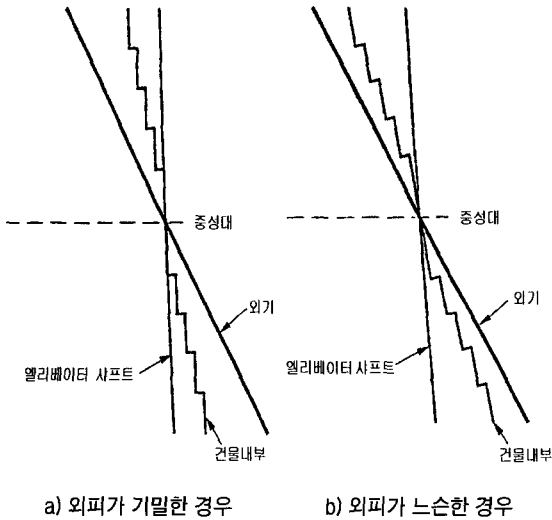
저층부의 외기침입량 증가와 하층부의 누기량 증가는 건물 난방 에너지의 손실을 가져 오며, 난방 운전 시스템에 있어서의 비효율성을 초래할 수 있다.

나) 엘리베이터 문의 오동작(elevator door sticking)

만일 외피가 기밀(tight) 할 경우 건물 압력분포(building pressure profile)는 그림 3 a)와 같이 엘리베이터 통로의 압력분포에 가까워질 것이며, 외피가 느슨(loose) 한 경우 건물압력분포는 그림 3 b)와 같은 외부압력분포에 가까워질 것이다.

엘리베이터 통로는 원래의 건물압력분포라 할 수 있으므로 엘리베이터 문 안밖의 압력차 Δp 가 순수한 압력분포(true pressure profile)와 실제 건물압력분포(building pressure profile)의 차이라고 할 수 있다. 이러한 엘리베이터 문 안밖의 압력차가 커지게 되면 엘리베이터 문의 작동 불량을 일으키기 쉽다. 따라서 그림 3의 경우는 b)가 a)보다 엘리베이터 샤프트와 건물 내부의 압력차가 커져서 엘리베이터 문 작동시 불리하다.

3) Chastain, J. P. and D. G. Colliver, "Influence of Temperature Stratification on Pressure Difference Resulting from the Infiltration Stack Effect", ASHRAE Transactions, Vol. 95, Part 1, 1989, p.257



[그림 3] 건물 내외부의 압력분포 변화⁴⁾

다) 수직덕트 내의 굴뚝효과⁵⁾

송풍기가 담당하는 수직덕트에 미치는 부력의 영향은 초고층 건물의 경우 무시할 수 없다. 특히 층별 공조가 아닌, 공조기를 중앙집중식으로 일정한 중간 층에 설치하고 수직으로 덕트를 분기시킬 경우 이러한 효과는 더욱 커진다.

이러한 굴뚝효과로 인한 문제들은 결국 엘리베이터의 압력분포와 건물내부의 압력분포 및 외부의 압력분포를 어떻게 조절하는가에 달려있다.

압력 분포를 조절하는 방법에는 문제가 발생할 수 있는 지역(엘리베이터 홀이나 출입구 부분)에서 부분적으로 해결하는 방법과 보다 적극적인 방법으로 공조시스템을 이용하여 건물압력분포를 외부압력분포에 근접시키는 방법, 건물압력분포를 엘리베이터 샤프트 압력분포에 근접시키는 방법 등으로 나눌 수 있다.

4) 고층화에 따른 수직적 길이의 증가

초고층 건물에서는 열원으로부터 공조기까지, 그리고 공조기에서 실내 터미널 유닛까지의 절대적 수직거리가 길어진다. 수직적 길이가 증가함에 따라 수압이 증대하므로⁶⁾ 기기 및 재료를 선정할 때 내압을 고려하거나, 기기의 적정 배치와 조닝을 통해 압력을 조정하는 등의 대책이 필요하다. 또한 수직적 거리의 증가는 공조덕트의 연장길이와 공조기의 송풍동력 등에 영향을 주므로 적정 공조방식의 선정과 공조조닝 등의 대책이 필요하다.

5) 재실자, 기기 및 조명 밀도의 변화에 따른 발열 부하의 증가

초고층 건물의 높은 거주밀도는 봄빈다는 느낌을 주는 요소 중의 하나이며, 이러한 상황에서 사람에게 의한 인체 발열, 수증기 발생 등이 증가한다. 따라서 이러한 인체 발열과 수증기의 제거가 초고층 건물에서는 매우 중요하다. 초고층 건물은 사무공간으로 계획되는 경우가 많아 OA기기 사용이 증가하기 때문에 기기발열도 커진다. 또한 실내환경의 고급화와 업무능률의 향상을 위해 사용된 고조도 조명으로 인한 전등발열도 큰 부하증가의 원인이 된다.

초고층 건물의 열원 및 공기조화 설비 계획시 고려사항

1) 냉난방 부하에 대한 동적 시뮬레이션 필요

일반 건물과 달리 겨울과 봄, 가을에 냉난방 부하가 동시에 발생하며, 중간기 난방을 비롯하여 24시간 공조 및 연간공조의 개념이 필수적이므로, 기상변동이나 실내 부하변동에 따라 실내 냉난방 부하가 어떻게 변하는지에 대해 동적인 정밀 시뮬레이션이 요구된다.

4) Tamblin, R. T., Coping with air pressure problems in tall building, ASHRAE Transaction Vol.97, Part 1, NY-91-14-2, 1991.

5) Ibid., pp.24-25

6) 정수두압이 문제가 되는 기기는 다음과 같다.

- ① 냉동기의 응축기(냉각수 계통)과 증발기(냉수계통)
- ② 공조기 및 팬코일 유닛 등 각종 터미널 유닛
- ③ 펌프 배관 및 부속기기류



2) 공조방식의 선정과 배치

초고층 건물은 다른 용도의 건물에 비하여 다층이며 다수의 실로서 분할되고, 실내의 용도 변경이 있을 수 있으며, 창면적이 대체로 큰 것이 특징이다. 그러나 각 실의 용도가 대부분 오피스, 주거 및 숙박 시설 등이라는 점에서 병원 등과 같이 실구성이 복잡하고 공조조건이 까다로운 건물에 비하여 공조설비계획은 간단한 편이다. 초고층 건물에서는 건물의 높이가 증가함에 따라 수직적인 공조조닝이 차지하는 중요성이 매우 커지게 되는데 이러한 수직 조닝에 영향을 주는 요소에는 다음과 같은 것들이 있다.

• 건물의 층별 용도

초고층 건물의 경우는 공간의 용도가 다양하고 각 공간은 부하형태, 사용시간 등의 공조 조건이 서로 다르게 되므로, 각 조건에 적합하도록 공조 방식을 선정할 필요가 있다. 층별공조 방식으로써 개별식을 사용하는 경우에는 건물의 층별 용도에 큰 영향을 받지 않는다.

일반 오피스용 초고층 건물의 경우, 공조를 중앙 집중식으로 하더라도, 지하층이나 1, 2층은 상점이나 금융 시설 등의 공용공간으로 이용되므로 실의 사용 특성상 공조계통을 별도로 하고 있다.

• 초기 투자비

일반적으로 전체 공사비 중 공조 설비 공사가 차지하는 비율은 7 ~ 13% 정도이며, 초고층화 됨에 따라 열 반송설비의 초기 투자비 뿐 아니라 공조 시스템의 등급이 높아짐에 따라 공조기기 자체의 초기투자비용도 증가하게 된다.

• 동력비

초고층 건물에서는 열매의 반송거리가 길어져, 운영비(running cost) 중에서 동력비가 차지하는 비율이 높아지므로 동력비를 줄일 수 있는 방향으로 수직조닝이 계획되어야 한다.

• 설비의 소요 면적

임대면적 혹은 유효 공간을 확보하기 위해 기계실 면적이나, 덕트·파이프 샤프트 면적이 작을수록 좋은 것은 당연하다. 일반적으로 각 방식에 따라 소요 면적은 다르고, 다른 방식에 비교해서 기계실 면적을 크게 필요로 할 경우에는 그 효과가 충분한 지를 충분히 검토해야 한다. 또한 계획시 유지관리 및 보수를 위한 공간을 고려해야 하며,

공간을 작게 차지하는 콤팩트형 공조기의 도입도 고려해 볼 필요가 있다.

초고층 건물에서 기준층의 반복적 이용이 가능한 평면계획에 있어서도 이러한 설비층은 반복의 경제적인 이점을 줄이는데, 예를 들면 설비층에서 각층에 도달하는 급기덕트(supply duct)는 그 단면적이 말단으로 갈수록, 상당히 감소한다. 그런데도 각층의 덕트공간(duct space)은 항상 동일하게 반복되기 때문에, 덕트공간(duct space) 내부의 이러한 무효공간은 말단으로 갈수록 상당히 증가하게 된다. 이러한 무효공간의 집적이 초고층 건물의 경우 3,000 m² 에 달하기도 한다.

• 개별제어 및 시간의 공조에 대한 대응성

거주자(tenant)에 따라서는 24 시간 생활을 하거나 업무시간대에 차이가 생길 수가 있으므로 열원계를 포함해서 공조설비의 사용시간별 조닝 등 개별적으로 대응할 수 있는 공조시스템의 구성을 검토해야 한다. 아울러 시간의 운전도 개별제어와 마찬가지로 수평조닝에서도 크게 고려되어야 할 요소이며 시간의 공조를 하기 위해, 열원기기 및 기타 기기들이 부분적으로 운전될 경우, 에너지 절약 측면에서 합리적인 운전이 되도록 시스템을 계획해야 한다.

표 2는 공조기실을 중심으로 한 수직 방향의 조닝 방식을 나타낸 것으로, 각각의 방식들이 지니고 있는 장단점을 설비계획 조건 등에 따라 검토한 후 최선의 안을 결정하도록 하여야 할 것이다.

3) 열원방식의 선정과 배치

초고층 건물 열원설비를 계획할 때는 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다.

• 공조부하의 변동으로 인하여 열원장비의 용량이 기존건물보다 증가하고, 창문의 개폐가 어려우므로 자연환경의 이용보다는 공조 설비에 의한 의존도가 크게 된다.

• 건물 방위별로 부하의 차가 크며, 냉방과 난방이 동시에 필요하므로 냉열원과 온열원이 동시에 요구되고 연간냉방 및 중간기 공조가 필요하다. 또한 내부발열이 크기 때문에 열원설비의 용량이 증가하게 된다. 임대 빌딩의 경우, 임대자마다 사용시간이 다르기 때문에 설비운전 시간이 다르고 때로는 24시간

연속운전이 필요할 때도 있다.

• 열원시스템은 건물규모, 열부하의 중간기 특성, 에너지 단가(기본요금 포함) 측면에서의 경제성, 정부시책 등을 고려하여 고효율, 고성능, 유지관리비의 최소에 따른 에너지 절약을 고려하여 그 종류 및

배치계획을 종합적으로 분석한 후 결정한다. 또한 초고층 건물은 대규모 건물이므로 시스템의 안정성과 연료공급의 안전성을 위하여 연료의 다원화와 비상열원(backup system)⁸⁾이 필요하다.

• 추후 부하변동에 모든 설비가 유연성 있게 대응

<표 2> 공조기의 배치방식⁷⁾

	기존방식	집중방식	분산방식	OPEN CORE 방식
배치방식				
특징	<ul style="list-style-type: none"> • 지하 기계실이나 저층부의 공조실에 집중 배치하거나 지하 기계실과 최상층 등 2 곳에 공조기를 설치하여 각층에 공조된 공기를 분배하는 방식 • 20층 이하의 건물에서 주로 사용 • 30층 이상의 건물에서는 공조기에서 담당층까지의 거리가 연장되므로 메인(main) 덕트의 단면이 증가하게 되며, 동시에 덕트 샤프트(duct shaft)의 면적도 증가 • 냉온수 배관의 압력이나 냉매 배관에도 문제가 있음 	<ul style="list-style-type: none"> • 중간에 공조 설비층을 두고 상·하로 덕트를 연장하여 공기를 배분하는 방식 • 주로 20층 이상의 건물에서 사용 • 간격은 약 10층 전후이며, 1개 공조기가 담당하는 층수는 3~9층 정도로서, 상부 또는 하부로의 공조덕트의 연장한계는 보통 15개층 정도 • 공조기 풍량의 최대 한계기준 및 기준층 면적 등을 고려하여야 함 • 동시에 급배수, 전기, 엘리베이터 등의 설비시스템, 유지관리 및 운전비 등도 고려하여야 함 	<ul style="list-style-type: none"> • 각 층별(혹은 2~3개층 마다)로 공조기를 설치하는 방식 • 실의 사용시간이나 용도상의 분류가 다양해지고 공조상 조닝의 세분화가 필요하게 되어 채택된 방식 	<ul style="list-style-type: none"> • (b)와 (c)방식의 장점을 취한 것 • 1개 존의 층수는 보통 6~7개층 • 1개 존 즉, 6~7개층의 코어(core) 일부를 개방시켜 공조실로 사용하게 되므로 공조실 면적은 최하부의 1개층분만 계산되어 연면적에 대한 공조실 면적은 비교적 작게 됨. • 기준층의 평면계획에 영향을 받지 않음 • 다른 설비의 수직 조닝과 관계가 있고 건축 계획상의 제약을 해결하여야 함

7) 양인호, "인텔리전트 사무소 건물의 공기조화 조닝계획에 관한 연구", 서울대학교 대학원 석사학위논문, 1992, p.24

8) 홍콩 상하이 은행 건물의 경우 3759 kW의 히트펌프 외에 3125 kW의 냉동기 1대를 비상용으로 두고 있다.



할 수 있도록 준비되어야 한다.

지역열원이 공급되는 경우나 complex 단지 내에 중앙플랜트가 있는 경우를 제외하고는 유지관리 및 효율성의 측면에서 초고층 건물은 대부분 중앙 열원 설비방식을 채택하므로, 여기서는 중앙 열원설비의 위치를 위주로 수직조닝에 대해 살펴보기로 한다. 중앙 열원설비의 수직 조닝에 영향을 주는 인자에는 다음과 같은 것이 있다.

가) 수압

일반적으로 공조설비 기기로서는 냉동기, 냉각탑, 보일러, 공조기, 송풍기, 열교환기, 순환펌프 등을 들 수 있는데 이들 중 1차 열원기기(냉동기, 보일러)나 2 차시스템(공조기)은 대부분이 수회로로 되어 있기 때문에 수압에 직접적인 영향을 받는다. 냉동기, 냉각탑 및 냉동기(또는 열교환기)와 냉수코일은 각각 수배관으로 연결되므로 냉동기와 순환펌프에는 냉각탑에서의 높이차에 따른 수압이 걸리고, 공조기(냉온수코일)나 수-수 열교환기에는 수압이 걸린다. 건물이 고층화 됨에 따라, 지하 기계실로부터 최상층의 공조기나 FCU에 냉수를 직접 공급하게 되면, 수직거리 10 m 마다 약 1 kg/cm² 정도의 정수압이 걸리므로 저층부에서는 일반기기의 내압 한계치라고 할 수 있는 10 kg/cm² 이상의 수압이 지하층의 냉동기와 저층부의 공조기 및 FCU 또는 배관이나 부속류에 걸리게 된다. 또한 경우에 따라 순환펌프의 양정이나 개방회로에서 펌프정지시에 발생하는 수격작용에 의한 수압이 부가되어 좋지 않은 영향을 미치게 된다. 수압에 대한 대처방안은 다음과 같다.

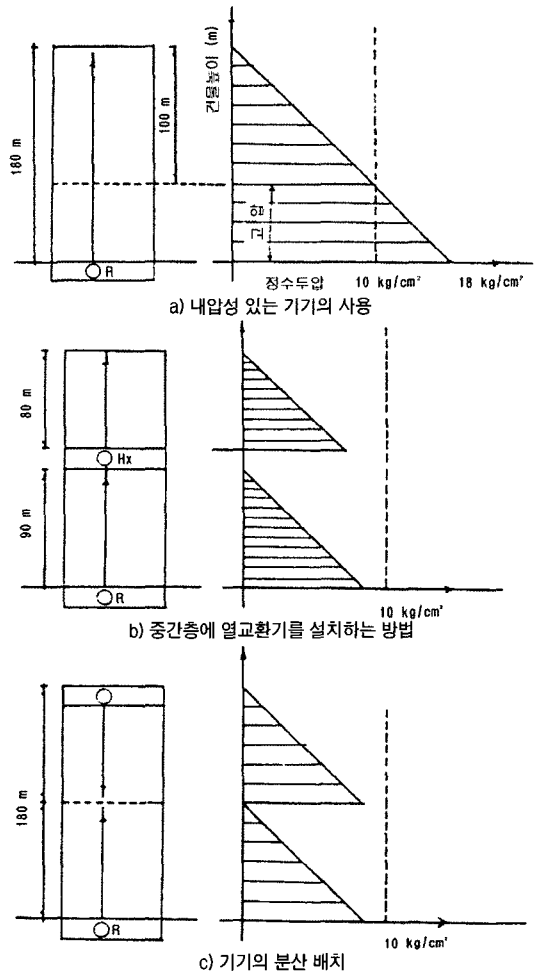
① 내압성 있는 기기의 사용

그림 4 a)와 같이 기기 및 부속류 모두를 내압성이 있는 것으로 사용함으로써 수압을 해결하는 방법이다. 이 방법은 가격이 현저하게 증가하므로 불가피한 경우, 충분한 타당성 검토 후에 사용해야 한다. 높은 운전압력이 수반되는 내압용 기기의 사용은 많은 경우에 있어서, 특별히 제조된 설비를 필요로 하기 때문에 기기의 확보가 여유치 않기도 하다. 또한 설비기가 확보된다고 하더라도, 유지 보수에 사용할

특별 설비에 대한 교체품을 구하기가 거의 불가능할 수도 있다. 높은 운전압력의 설비는 낮은 압력의 설비보다 제품 제작시 더 많은 시간이 소요되므로, 시공기간에 부정적인 효과를 가져올 수 있다.

② 중간층에 열교환기(water to water heat exchanger)를 설치하는 방법

그림 4 b)와 같이 국내 63빌딩, 삼성동 무역센터, POSCO 사무동 등에서 채택한 이 방법은 몇 개층의



[그림 4] 초고층 건물에서 정수수압 해결방법⁹⁾

9) 신종필, "초고층 사무소건물의 공기조화설비계획에 관한 연구", 서울대학교 대학원 석사학위논문, 1981, p.59

단위로 열교환기를 설치하여 공조기에 걸리는 압력을 줄이는 방법으로, 열교환기는 배관의 계통을 분리시키므로 정수두압을 분산시킨다. 그러나 열교환기 방식에도 다음과 같은 문제점이 있다.

- 2차측 냉수의 온도가 2 ~ 3℃ 높아지므로 공조기 코일의 열수가 커지고 FCU의 형변(방열핀의 열수)이 커진다.
- 전체적으로 설비비가 증가한다.
- 2차측에도 펌프를 설치해야 한다.
- 냉수계통의 효율이 떨어지므로 전체적으로 냉방 용량이 커진다.

③ 기기의 분산배치

그림 4 (c)와 같이 이 방법은 건물의 20 ~ 25층(약 100 m)부터 최상층까지의 부분을 별개의 계통으로 구획하여 지하층 및 저층부의 냉수계통에 10 kg/cm² 이하의 정수압이 걸리도록 하는 방법이다. 이렇게 건물을 한정된 수직 구획으로 구분함으로써 정수두압이 감소되어 일반기기 및 배관재를 채택할 수 있다.

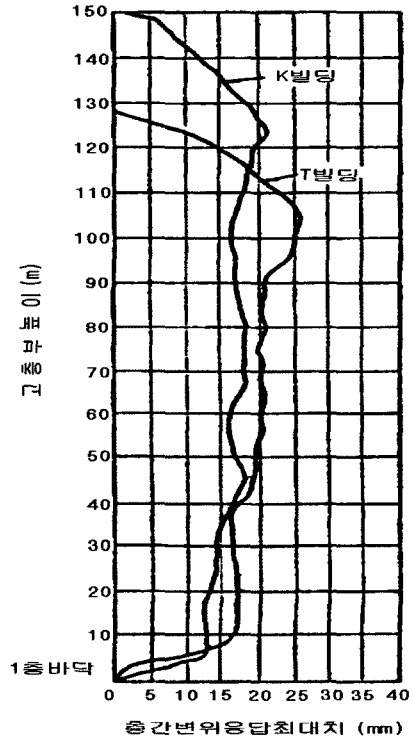
나) 구조 측면에서의 문제

구조계획상으로도 열원이 놓이는 기계실의 층은 결정하기 어려운 문제이다. 만일 열원 설비층이라는 구조상의 이질적인 층이 없다면, 구조계획은 상당히 유리하게 진행될 수 있다.

열원 설비층이 건물구조에 미치는 영향은 그 중량과 강성이다. 중량이라는 것은 기계용 기초를 포함한 기계중량의 하중 증가분이고, 강성이라는 것은 설비층이 있기 때문에 일반층보다 층고가 증가함에 따라서 강성의 저하분을 말한다. 초고층 건물은 일반적으로 유연한 구조로서 계획되어지기 때문에, 그 1차 고유주기를 적절한 값으로, 또한 그 층간변위를 허용범위 이하로 계획하는 것이 중요한 문제이다. 그러므로 이 설비층의 중량, 강성이 층간변위를 증대시키는 커다란 요소가 된다. 특히, 강성은 가장 큰 영향을 받는다.

그림 5는 일본에서 계획된 2개의 초고층 건물의 동적 해석에 의한 층간변위 응답최대치를 나타낸 것으로 최상층 아래 6층 부근에서 최대치가 나타나는

것을 알 수 있다. 물론 이러한 현상은 모든 건물에서 똑같이 나타나는 것은 아니다. 그러나 열원 설비층 설정과 관련하여 일반적으로 말하자면, 열원 설비층을 계획함에 있어서 층간변위 응답 최대치 곡선을 충분히 고려하여 결정해야 한다는 것이다.



[그림 5] 초고층 건물에서의 구조적 층간 변위¹⁰⁾

다) 건물의 층별 용도

일반적인 사무실 건물의 경우, 공조를 중앙집중식으로 할 경우에도, 지하층이나 1, 2층은 상점이나 금융시설 등의 공용공간으로 이용되므로 실의 사용특성상 공조계통을 별도로 하고 있다. 즉, 건물의 용도에 따라 조닝이 필요하며, 건물의 용도를 수직적으로 조닝하는 것은 공조 초기 계획 단계에서 열원설비 계획과 밀접한 관계를 가지고 있다.

일반적으로 열원을 개별식으로 하는 경우에는 건

10) 井上宇市 編, 「超高層建築設備のシステムデザイン」, 1971, 東京, p.109



물의 층별 용도에 많은 영향을 받지 않는다. 그러나 초고층 건물에서, 특히 사무소인 경우, 인텔리전트화 경향에 따라 다양한 용도의 공간이 필요하고 이러한 각 실들은 부하형태, 사용시간 등의 공조 조건이 서로 다르게 되므로, 각 조건에 적합하도록 열원계통 및 공조방식을 선정할 필요가 있다.

라) 공조 대상공간의 특징

- 공조 대상공간의 높이 : 공급하는 물질이나 에너지 반송매체에 의해 공급장치에서 말단까지의 높이가 적절한 범위에 있어야 한다.
- 공조 대상공간의 크기 : 단위 시스템으로 처리 가능한 공조 대상공간의 크기는 시스템의 종류에 따라

달라지므로 적절한 범위의 시스템을 선정해야 한다.

- 공조 대상공간의 사용시간 : 공조대상 공간의 사용 시간대에 따라서 설비 시스템 구분이 합리적으로 되어야 한다.
- 공조 대상공간의 부하 변동특성 : 부하변동 특성에 따라 설비 시스템을 구분하면 제작기 특성에 맞는 방식이 적용 가능하므로 합리적인 계획을 할 수 있다.

마) 엘리베이터

엘리베이터 조닝의 결정에 있어서는 공조·전기 등의 설비계획과 연결시켜 중간 기계설비층이 설치되는 경우에는 이것을 조닝의 분할로서 중간 엘리베이터 기계실은 설비층에 포함시키는 것이 바람직하다. 다

<표 3> 초고층 건물의 중앙 열원·기기 배치 방식별 장단점¹¹⁾

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
배치 방식						
장점	· 집중관리, 소음, 진동에 유리하다.	· 굴뚝이 짧다. · 냉동기와 냉각탑과 거리가 가깝다.	· 방재에 유리하다.		· 지하층 냉동기 내압 증대 없음	· 집중관리 · 기기의 내압이 적당
단점	· 기기의 내압증대 (10 kg/cm ² 이상) · 기기의 가격증대 · 굴뚝을 위한 면적 증대	· 기기의 반출입, 소음, 방재시의 문제	· 굴뚝의 문제 · 기기의 반출입, 소음	· 지하층 냉동기는 내압 증대 · 소음대책	· 소음대책	· 구조상 문제 · 소음대책 · 기계실 부분이 2개층을 써야 한다.

11) 신종필, Op.cit., p.55

만, 건물의 이용계획이 정해져 있는 경우에는 그것에 우선하는 것이 당연하며, 반드시 열원 및 공조 설비층과 동일하게 엘리베이터 조닝을 계획할 필요는 없다.

바) 방재계획

방재계획상으로도, 이러한 열원의 배치는 커다란 난점이 된다. 초고층 건물의 방재대책으로서 중요시 되고 있는 것 중에 층간구획이 있지만, 이 경우 열원 설비층에서 전체공급을 하는 방식은 층간구획을 상당히 불리하게 만든다. 만일, 각층 마다 설비기능이 완결된다면, 층간구획은 가능하다. 또한 설계, 시공면에 대해서, 만약 반복되는 기준층마다 설비기능을 완결시키고, 이질적인 열원 설비층과 여기에 수반되는 공급배관 등이 없다면, 설계 및 시공의 생산성은 상당히 향상될 수 있다.

사) 공급, 반송, 전송 경로의 길이

열매물질이나 에너지 공급장치에서 단말까지의 거리가 적절해야 한다. 이는 열원설비의 배치측면에서 특히 중요한 사항으로 덕트 및 파이프 샤프트의 크기에 의한 기준층 코어계획과 평면계획에도 영향을 미친다. 표 3은 중앙 열원 설비 기기의 배치 방식별 장단점을 비교한 것으로, 여러 가지 인자와 배치 방식별 장단점들을 합리적으로 고려한 후 결정하여야 할 것이다.

초고층 건물의 위생 설비 계획

초고층 건물의 위생 설비에 영향을 미치는 인자

1) 수직적 길이의 증가에 따른 수압 조절 필요성 증대

건물의 초고층화에 의해 배관의 수직적인 길이가 증가하게 되면 수배관의 압력이 과도하게 커지게 된다. 이러한 과도한 압력에 의해 급수 시스템에서는 다음과 같은 여러가지 문제들이 발생하게 된다.

- 기기의 마모 혹은 파이프의 부식
- 파이프를 파열시키고 장비에 손상을 입히는 수격(water hammer)현상과 그 충격
- 고압이나 높은 유속으로 설계되지 않은 장비나 수전의 파손
- 적정 유량을 초과하는 빠른 유량으로 인한 토출

구에서의 물의 낭비

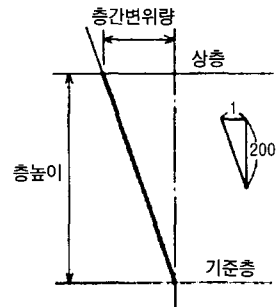
- 시스템과 설비의 수명을 단축
- 높은 수압에서 운전할 수 있는 특별한 설비시공의 필요와 이로 인한 설비비의 증가

2) 초고층화에 따른 층간 변위량 증가

초고층 건물에서는 그림 6에 표시한 층간 변위량(건물변형)이 크기 때문에 입상배관은 이러한 건물 변형에 대해 대처할 수 있어야 한다.

일반적으로는 층간 변위각을 1/200 로 하고 있으나, 가스 배관, 소화용 배관 및 2차 재해의 피해가 큰 수배관 등은 안전을 예상하여 1/100 ~ 1/50 로 하는 경우가 일반적이다.

건물 변형에 대처하는데 있어서 배관 본체의 강도도 중요하지만 배수관의 이음새 등은 빠져 나갈 염려가 있으므로 이음새의 처리에 주의하여야 한다. 특히 설비기기와 배관의 접속부는 기기의 진동을 흡수하기 때문에 배관의 신축량이 크므로 주의를 요한다.



[그림 6] 초고층 건물 층간 변위량

3) 배수 입관 내에서의 공기 압축에 의한 역압 발생
일반적으로 초고층 건물의 배수 수직관 내의 배수 유속은 관내 마찰력과 중력에 의해 높이와는 무관하게 일정해지므로, 특별한 고려를 할 필요는 없다. 그러나 배수입관 내를 배수가 흘러내려가게 되면, 입관 내의 공기가 낙하해 가는 문에 압축되기 때문에 그 공기의 압력이 상승하고 역압 현상이 발생하므로 배수관 설계시 결합 통기관 등 이에 대한 대책 마련이 필요하다.

배수관의 경우, 100 m 이상의 높이에서 배수입상관



안을 배수가 어떠한 식으로 흐르는지에 대해서는 F.M. Dawsom 및 A.A. Kalinske¹²⁾ 가 행한 실험이 기본적으로 이를 설명해 준다. 즉, 배수 입상관에서 낙하하는 배수의 유속은 일정하고 하부로 갈수록 유속이 빨라지는 것이 아니며 다음의 식 (2)로 구해질 수 있다.

$$V_{max} = 3.9 \left(\frac{Q}{D} \right)^{2/5} \quad (2)$$

여기서, Q : 입상관 배수 유량 [gallon/min]
D : 배수 입상관의 구경 [inch]

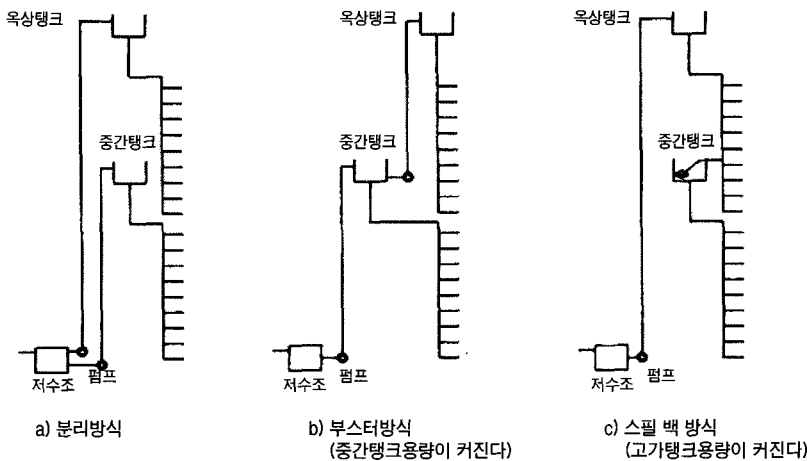
그리고 횡주관에서 흘러들어온 배수가 배수입상관으로 들어와 V_{max} 가 될 때까지의 거리는 관의 구경에 따라서 다르며, 32 ~ 75 mm의 소구경의 관은 3 ~ 5 m, 100 mm 이상의 대구경관은 5 ~ 7 m 가 된다. 즉, 30 m 길이의 입관 속의 배수의 속도는 유량 · 구경의 여하를 불문하고 7 m 길이의 입상관에서의 최대속도를 넘지 않으며, 입상관 내 배수의 최대유속은 상기의 거리를 넘어가면 그 후는 일정하고, 입상관 내의 배수가 흐를 때의 마찰저항과 상쇄된다는 것이다. 그러므로 배수입상관의 경우 100 m 이상의

높이를 가진 건물에서도 위에서 아래로 하나의 관으로 배수가 통과하는 것이 가능하다는 것이다. 이것이 관명되기 전에는 미국에서도 배수입관에 오프셋 (offset)을 건물의 수직방향에 설치하였다. 배수관을 구부려 오프셋을 하게 되면, 관이 막히게 되는 원인이 되지만, 오프셋을 둘 필요가 없음에도 불구하고, 구조적 층간변위 등을 고려하여 입상관 중에 2 ~ 3 개소 (40 ~ 50 m 정도)에 신축이음으로 설치할 수는 있다.

초고층 건물의 위생 설비 계획시 고려사항

1) 급수, 급탕 설비의 조닝

초고층 건물에서는 최상층과 최하층의 수직 고저차가 커서 급수를 1계통으로 공급하면 저층에서 최대 허용 수압을 넘어 과대수압이 걸리게 된다. 그래서 건물 전체의 수압분포를 허용압력 이하로 유지하기 위해 건물의 높이 방향을 몇 개의 존으로 나누어 급수하여야 한다. 조닝은 수압만이 아니라 복합건물의 용도별 특성과 보수관리의 면에서도 사용되고 있다. 조닝의 방식은 다음과 같은 것이 일반적이며 경제성 및 건축 계획상의 요구 등을 고려한 후 어떤 방법을 적용할 것인가를 결정해야 한다.



[그림 7] 초고층 건물에 의한 급수조닝¹³⁾

12) Steele, Alfred, High Rise Plumbing Design, miramar publishing company, Los Angeles, CA, 1975.

13) 이민우, “초고층건물의 위생설비”, 「냉동공조기술」, 1990.12, p.63

가) 중간탱크방식에 의한 조닝

그림 7과 같이 가장 보편화되어 있는 방식으로 양수펌프는 각 존마다 설치하는 것이 일반적이다. 이 방식은 중력식이기 때문에 수압의 변동이 없고 설비비도 그다지 비싸지 않다. 그러나 중간탱크의 설치공간을 필요로 하고, 이에 따른 설치장소의 구조적 보강이 필요하며 최고 존에 대한 양수펌프의 양정이 특히 높아지기 때문에 정지시 수격현상 발생의 방지 대책을 고려할 필요가 있다.

나) 감압밸브에 의한 조닝

일반적으로 20층 정도의 건물에 자주 사용되는 방식으로 건물의 상층존은 감압을 하지 않고 그대로 급수하고 하층존은 감압밸브에 의해 감압시킨 급수압력으로 급수한다. 감압밸브는 그림 8과 같이 주관 또는 분기관에 설치하는 등 여러가지 방법이 있다.

이 방식은 중간탱크를 설치하지 않기 때문에 설비비는 중간탱크를 설치하는 경우보다 저렴하지만 옥상탱크 용량은 건물 전체의 급수부하를 담당해야 하기 때문에 훨씬 더 커지고, 중량도 증가하기 때문에 건물의 구조적 문제를 고려할 필요가 있다. 아울러 급수주관에 설치하는 감압밸브는 고장을 고려하여 예비밸브와 병렬로 설치하여야 한다.

다) 펌프직송방식에 의한 조닝

그림 9에 나타낸 바와 같이 각 존에 펌프로 직송하여 급수하는 방식으로 국내에는 최근 적용이 늘어나지만 미국의 건물들은 대부분 이 방식을 채용하고 있다. 이 방식의 장점은 옥상탱크 및 중간탱크가 필요 없기 때문에 그 설치공간이 없어도 된다는 것이다.

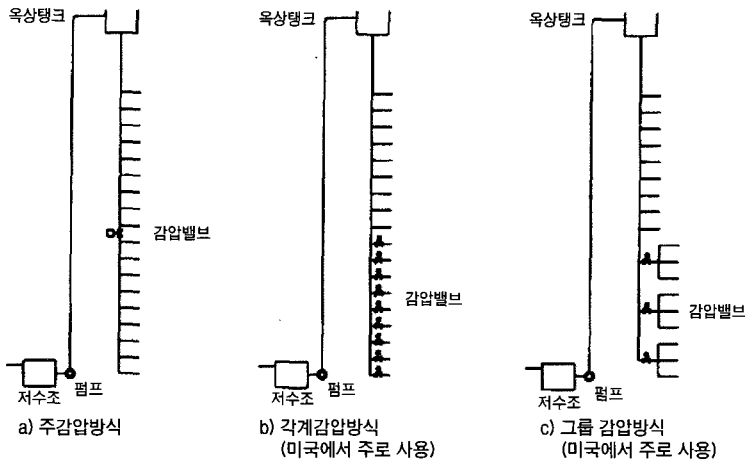
한편, 설비비와 운전비는 다른 방식에 비하여 고가이며, 정전시에는 곧바로 급수가 중단되기 때문에 자가 발전 장치를 필요로 한다.

라) 옥상탱크와 펌프직송방식의 겸용

이 방식은 일반적으로 저층형 건물에 이용되고 있다. 건물의 상층존은 옥상탱크 방식으로 급수하고 하층존은 펌프직송방식으로 급수하는 방식으로 이 방식을 채용하면 옥상탱크 용량은 상층존의 사용량 정도만 공급하면 되므로 감압밸브 병용방식에 비하면 작은 규모의 탱크를 사용할 수 있고 중간 탱크의 설치공간도 필요하지 않다는 장점이 있다(그림 10 참조).

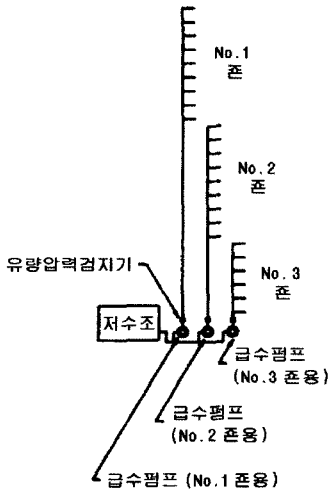
마) 기타 방식

러키 금성 트윈타워에서는 고가수조방식과 압력수조방식을 겸용하여 건물 전체를 3개의 존으로 구성하였다. 상층부는 압력수조방식으로, 저층부와 중층부



[그림 8] 초고층 건물에 의한 급수조닝¹⁴⁾

14) Ibid., p.64



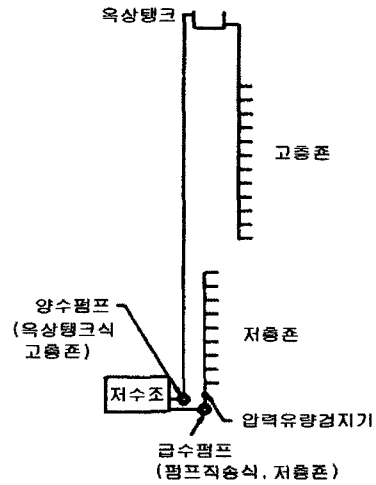
[그림 9] 펌프직송방식¹⁵⁾

는 고가수조방식으로 급수를 하고 있다. 여기서 상층부를 압력수조 방식으로 급수하게 되면 필요수압(플러쉬 밸브의 경우 최소 0.7 kg/cm²)의 유지가 용이하므로 양질의 급수상태를 확보할 수 있는 장점이 있다.

또한 동경도청사 제1청사, 제2청사에서는 중력방식과 가압펌프방식을 병용하고 있다. 초고층 건물인 제1청사(243 m)와 제2청사(163 m)는 급수압력을 적정압력(4 ~ 5 kg/cm²)으로 공급하기 위하여, 중간탱크를 설치하여 조닝을 하는 소위 세퍼레이트 방식을 채용하고 있다. 또한 1층 이하의 계통은 감압밸브에 의한 압력 조절을 하고, 고층부의 압력이 부족한 층은 가압급수 펌프에 의해 급수하고 있다.

이상에서 살펴 본 급수방식에서 건물의 형상, 용도 등에 따라 적절한 방식이 선택될 수 있다. 지금까지는 수압의 안정성, 물의 비축성 등의 이점을 갖는 중간수조를 많이 채택하였으나, 최근에는 중간 수조실이 없어 건축계획상의 제약이 없을 뿐만 아니라 미관상에도 유리한 감압밸브방식이나 펌프직송방식이 기기장치의 신뢰성, 성능향상과 함께 확산되고 있다.

급탕설비조닝도 계획시에는 급수설비와 동일하게 계획하고, 과도한 수압이 걸리는 부분을 피하고 적정



[그림 10] 옥상탱크와 펌프직송방식 견용¹⁶⁾

한 수압을 유지하여 사용자에게 불편·불쾌감을 주지 않고 기기에 손상을 주지 않도록 한다. 또한, 세면기의 수전을 열 때 급수와 급탕의 압력이 다르게 되면 불편하므로 급수와 급탕의 수압을 비슷하게 유지해야 하고 아울러 냉온수 혼합수전을 사용하는 경우에는 냉온수 혼합의 불량이가 발생하지 않도록 유의해야 한다. 특히, 샤워설비에서 냉수와 온수의 압력이 무리하게 차이가 생길 경우에는 상당한 불쾌감이 따르게 된다. 결국 이러한 것을 방지하기 위해서는 급수와 급탕의 조닝 분할을 동일하게 하여 급수압력과 급탕압력을 비슷하게 유지해야 할 필요가 있는 것이다.

2) 배관의 방진 및 팽창, 변형 대책

진동(earth tremors)과 지진의 영향을 받는 지역에서는, 배관과 설비시스템에 대한 보호를 위해 진동대책 설비가 계획되어야 한다. 진동대책설비(seismic restraint)는 구조체체의 부착뿐 아니라 적정 예상 외력의 산정을 위해 구조기술자와의 밀접한 협력이 요구된다. 장래의 화재시 안전을 위해 스프링클러 시스템과 같은 중요한 시스템이 지진과 같은 비상사태에도 계속 작동하도록 하기 위해 방진설계

15) Ibid., p.64

16) Ibid., p.64

역시 고려할 필요가 있다.

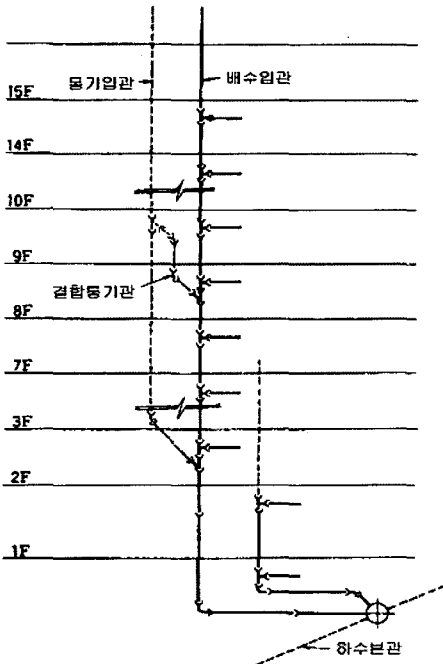
층간 변위 및 배관 내의 온도변화 등으로 인해 배관의 팽창 및 수축, 이동이 발생할 수 있으므로 배관 이동(piping movement)의 전체 범위를 예상하여 이에 대처할 수 있어야 한다. 또한 중요한 것은 건물의 구조적인 요소(벽, 기둥 등)와 함께 움직이는 부분에 대해서도 고려하여야 한다는 것이다.

특히 온도변화가 있는 배관을 수직으로 길게 설치할 경우에는, 구조체나 배관에 과도한 응력을 주지 않고 알맞게 팽창할 수 있도록 여유를 두어야 한다. 종종 앵커(anchor)사이의 길이는 약 30 m (100 ft) 정도로 하는데, 이는 배관의 팽창과 이에 따른 구조체가 담당해야 하는 외력에 대처할 수 있는 적정 길이이다. 배관의 이러한 이동을 조인트 부분에서 흡수하기 위해서는 알맞은 앵커(anchor)와 가이드(guide)를 사용할 필요가 있다.

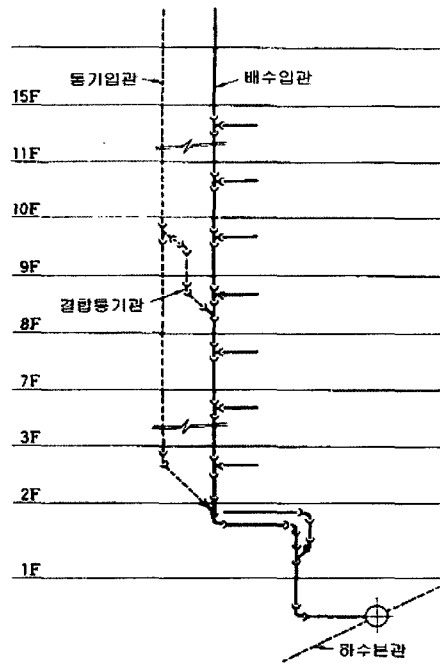
3) 결합 통기관의 설치

초고층 건물의 수직배수관은 배수시에 관 내 공기의 압축 및 역압현상이 생기므로 경우에 따라 결합 통기관(yoke vent)을 설치할 필요가 있다. 이 경우, 저층부에서 상층부까지 일직선의 샤프트가 아닌 샤프트의 중심을 편심시켜 연결할 필요가 있기 때문에 일반 건물의 수직 배수관 샤프트 단면적보다 넓어야 한다.

결합통기는 건물의 최상층에서부터 8 개층 정도마다 설치한다. 역압에 의한 사고가 일어나기 쉬운 곳은 1층 또는 2층의 저층부로서, 이 부분에서의 역압 방지를 위해 여러가지 고려를 할 필요가 있다. 예를 들면, 2개의 배수관을 직접 하수본관에 설치하거나(그림 11 참조), 또는 최하층의 배수는 배수입관에서 별개로 단독으로 접속하는 방법(그림 12 참조)으로 저층부의 역압을 방지 할 수 있다.



[그림 11] 배수 입상관의 처리예 1¹⁷⁾



[그림 12] 배수 입상관의 처리예 2¹⁸⁾

17) 渡邊要/編, Op.cit., p.206

18) Ibid., p.206



결언

이상에서 살펴본 바와 같이 초고층 건물의 기능을 효율적으로 유지하기 위한 공조 및 열원, 위생 설비 시스템 등의 계획은 초고층 건물 특유의 문제점을 이해하고 기존의 건물에 적용된 시스템을 비교 분석하여 최적의 시스템을 적용시키는 것이 중요하다.

최근에는 각종 신기술의 개발로 과거 제한적인 방법으로 밖에 해결할 수 없었던 여러 가지 문제들에 대한 좀더 다양하고 합리적인 대안들이 제시되기도 하며, 쾌적한 실내 환경에 대한 거주자의 인식과 요구가 상승함에 따라 과거에는 문제시 되지 않았던 것들이 문제점으로 부각되기도 한다.

건물은 이러한 기술과 패러다임의 변화에 민감하게 반응할 뿐만 아니라 건물의 그 특징이 건물마다 다르기 때문에 최적 시스템의 결정은 항상 절대적일 수 없다는 사실을 인지하여 설비 계획을 필요가 있다. 또한 합리적인 결정을 도울 수 있는 여러 가지 연구를 지속적으로 진행하여야 할 것이다.

참고문헌

1. 김영호, "초고층 건축에서의 설비기술", 「대한건축학회지」1991년 1월호 (35권 1호), 대한건축학회, 1991.
2. 박우근, "초고층 건축물의 개요 및 설비계획", 「설비기술」 1994년 5월호, (주)한미, 1994.
3. 서울대 공학연구소, 초고층 건물 공동연구보고서(건축설비), 대림산업/현대건설, 1995.
4. 신종필, "초고층 사무소건물의 공기조화설비계획에 관한 연구", 서울대학교 석사학위논문, 1981.
5. 양인호, "인텔리전트 사무소 건물의 공기조화조닝계획에 관한 연구", 서울대학교 석사학위논문, 1992.
6. 奥野茂幸, "초고층 빌딩에 있어서의 배관 방진시공", 「설비기술」 1994년 5월호, (주)한미, 1994.
7. 이민우, "초고층 빌딩의 위생설비", 「냉동공조기술」 1992년 4월호, 한국냉동공조기술협회, 1990.
8. Baum, Richard T., et al, "SC-2 Mechanical and Service Systems", Tall Building Systems and Concept, Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 1972.
9. Colliver, D. G. and Ph. D. and P. E., "Influence of Temperature Stratification on Pressure Difference Resulting from the Infiltration Stack Effect", ASHRAE Transaction, 1989.
10. Rishel, J.B., "Pumping System Design for Tall Buildings" (DE-93-10-3), ASHRAE Transaction, Vol.99, PART 1, 1993.
11. Steele, Alfred., High Rise Plumbing Design, miramar publishing company, Los Angeles, CA, 1975.
12. Tamblyn, R.T., "Coping with Air Pressure Problems in Tall Buildings" (NY-91-14-2), ASHRAE Transaction, Vol.97, PART 1, 1991.
13. Tamblyn, R.T., "HVAC System Effects for Tall Buildings" (DE-93-10-1), ASHRAE Transaction, Vol.99, PART 1, 1993.
14. 渡邊要/編, 「超高層建築 (3)設備編」, 慶島研究所出版會, 東京, 昭和 47年.
15. 井上宇市, 「高層建築の設備計劃」, 彰國社, 東京, 昭和 39年.
16. 井上宇市/編, 「超高層建築設備のシステムデザイン」, (株)中外出版, 東京, 昭和 46年. ㉔